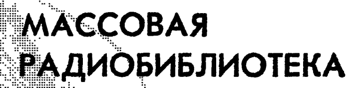


И. А. МИШУСТИН

Повышение помехоустойчивости радиолюбительского приема



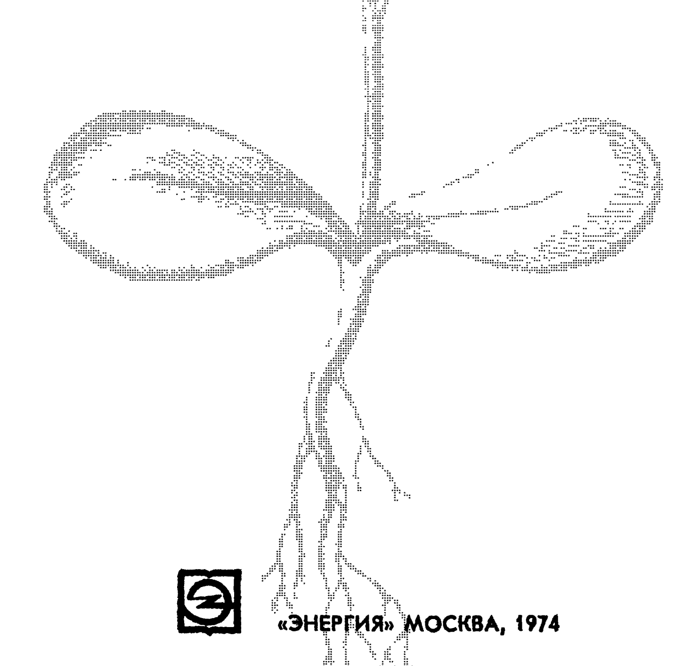


МАССОВАЯ РАДИОБИБЛИОТЕКА

Выпуск 849

И. А. МИШУСТИН

ПОВЫШЕНИЕ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ РАДИОЛЮБИТЕЛЬСКОГО ПРИЕМА



«ЭНЕРГИЯ» МОСКВА, 1974

6Ф3
М71
УДК 621.391.8 : 621.396.62

Мишустин И. А.
М 71 Повышение помехоустойчивости радиолюбительского приема. М., «Энергия», 1974.
88 с. с ил. (Массовая радиобиблиотека. Вып. 849).

Описаны основные типы помех и особенности их влияния на радиоприем. Рассмотрены методы ослабления отдельных видов помех и пути совершенствования некоторых узлов супергетеродинных приемников, работающих в условиях помех, и приемных антенн. Приведены сведения о практических мерах борьбы с влиянием помех применительно к сельским, пригородным и городским условиям приема.

Книга предназначена для широкого круга радиолюбителей.

М $\frac{30403\text{-}093}{051(01)\text{-}74}$ 301-74 6Ф3

ИГОРЬ АРКАДЬЕВИЧ МИШУСТИН
Повышение помехоустойчивости радиолюбительского приема

Редактор *И. А. Аренберг*
Редактор издательства *Т. В. Жукова*
Обложка художника *А. А. Иванова*
Технический редактор *О. Д. Кузнецова*
Корректор *А. К. Улегова*

Сдано в набор 10/IX 1973 г. Подписано к печати 4/II 1974 г. Т-01161.
Формат 84×108 1/32. Бумага типографская № 2. Усл. печ л. 4,62.
Уч.-изд. л. 6,16. Тираж 40 000 экз. Зак. 1002. Цена 26 коп.

Издательство «Энергия», Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10

Владимирская типография Союзполиграфпрома
при Государственном комитете Совета Министров СССР
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли
Гор. Владимир, ул. Победы, д. 18-б.

ПРЕДИСЛОВИЕ

На процесс радиоприема большое влияние оказывает «засорение» эфира помехами. Воздействие помех на сигнал осложняет его прием. Имеются различные способы борьбы с помехами (способы выделения сигнала на фоне помех). Основным способом борьбы с помехами является правильный выбор модуляции.

Из двух основных видов модуляции: амплитудного и частотного (АМ и ЧМ), второй обеспечивает значительно меньшую чувствительность к помехам. ЧМ вещание ведется в УКВ диапазоне, где почти все виды помех удается значительно ослабить.

Прием АМ вещания, хотя и значительно более подверженный воздействию помех, пока является основным: в 1970 г. в нашей стране действовало более 120 млн. приемников. Однако большинство этих приемников не приспособлено для приема АМ сигналов в условиях сильных помех, так как их входные цепи упрощены, использование симметричных (дипольных и рамочных) антенн и вынесенных антенн с кабельными снижениями не предусмотрено, встроенные ферритовые антенны приемников недостаточно эффективны и т. д.

В настоящей книге описаны различные виды помех и особенности их воздействия на процесс приема полезного сигнала, а также описаны некоторые простые меры для борьбы с помехами. Подобные меры могут быть осуществлены радиолюбителями, не имеющими высокой квалификации, как при создании новых приемников, так и при модернизации приемников устаревших типов. Простые меры, однако, часто могут дать эффект только в совокупности или после отбора лучших из них для конкретных условий. Поэтому в книге специально приведено большое количество различных относительно простых и нетрудоемких схем как на лампах, так и на транзисторах, описано большое количество антенн и их снижений, более эффективных при работе в условиях помех, даны рекомендации по переделке и усовершенствованию некоторых узлов приемников.

Осуществить целый ряд мероприятий по снижению влияния помех можно практически без измерительной аппаратуры. Однако читателям следует помнить, что рост сложности радиоприемной техники и повышение требований к ней происходят непрерывно, поэтому высокое качество работ по созданию новых приемников, реконструкции и усовершенствованию действующих приемников, повышению их параметров и, особенно, помехоустойчивости требует наиболее тщательной настройки их схем, которая возможна только с помощью приборов. Поэтому на оснащение приборами и приобретение навыков настройки приемников при помощи этих приборов радиолюбители должны обратнть самое серьезное внимание и всегда помнить, что помехоустойчивый приемник — эго прежде всего хорошо и правильно настроенный приемник.

Для подготовленных радиолюбителей в книге приведены более сложные схемы, описаны некоторые эффективные методы борьбы с помехами.

Глава первая

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О ПОМЕХАХ И ИХ ВЛИЯНИИ

1. Общие сведения о помехах

Разнообразные помехи, попадающие на вход приемника от самых различных источников, бывают двух видов: активные и пассивные.

Активные помехи создаются различными излучателями электромагнитных колебаний. К этим помехам относятся: атмосферные, промышленные, космические помехи, собственные шумы приемника, помехи от соседних по диапазону и других мешающих радиостанций и радиопередающих устройств всевозможного назначения.

Пассивные помехи обусловлены физическими явлениями в атмосфере нашей планеты. Так как радиоволны достигают приемников после прохождения некоторого пути в слоях атмосферы, то процессы, происходящие в этих слоях под влиянием ионизации воздуха различными космическими излучениями (в основном Солнца) и под воздействием самой Земли (изменений влажности, загрязненности воздуха и т. д.), нарушают условия распространения радиоволн. К подобным нарушениям, например, относятся: замирание волн, эхо, внезапное поглощение радиоволн, паразитная модуляция радиоволн при их прохождении на значительные расстояния за счет нелинейных свойств среды, в которой распространяются радиоволны.

Активные помехи вызывают различные колебательные процессы в антенне и контурах приемника. По характеру напряжений помехи разделяют на *гладкие* и *импульсные*. Гладкие помехи создают колебательные напряжения, максимальная амплитуда которых не превышает некоторую среднюю амплитуду более чем в 3—4 раза. К таким помехам относятся различные шумы, например собственные шумы приемника, некоторые атмосферные шумы. К импульсным помехам относятся помехи с амплитудой, значительно превышающей средний уровень. Серии импульсов, например, создают некоторые промышленные источники помех, а также разряды молний.

Импульсные помехи, воздействуя на антенну и входные цепи приемника, создают в его контурах затухающие колебания различной интенсивности. Когда импульсы следуют редко, после затухания возбужденных ими в контурах приемника колебаний приемник продолжает успешно принимать полезный сигнал на частоте настройки. Когда импульсы различной длительности и амплитуды воздействуют на приемник часто, некоторые колебания в контурах не успевают затухать до прихода следующего возмущения, и на детектор приемника в этом случае действует сумма многих переменных напряжений, в которой можно усреднить амплитуды входящих сигналов; поэтому

характер воздействия импульсных помех в этом случае будет напоминать гладкую помеху. Если подобных излученных в эфир импульсов очень много и они имеют большую амплитуду (как, например, импульсы от мощных источников промышленных помех в крупном городе), то они образуют интенсивное поле помех, на фоне воздействия которого и происходит прием.

В большинстве случаев различные виды активных помех действуют одновременно и на детекторе приемника кроме полезного сигнала присутствует большое количество мешающих напряжений разного происхождения с всевозможными уровнями и близкими к резонансной частотами. Эти напряжения в приемнике суммируются. Можно говорить о некотором суммарном напряжении помех на входе детектора и суммарном поле помех в зоне приемной антенны. Интенсивность поля помех изменяется под действием ряда факторов: она различна днем и ночью, летом и зимой, зависит от количества отдельных специфических источников помех, их типов, мощности, взаимного расположения, удаления от приемника, а также зависит от общего количества относительно маломощных источников помех (пропорционально размеру населенного пункта, например величине города). В этом общем поле могут выделяться некоторые помехи, они периодически изменяются, поэтому условия приема на фоне помех различны.

Иногда помехи разделяют на *внутренние* и *внешние*. К первым относятся собственные шумы приемника, определяющие его максимальную чувствительность. Характер воздействия внешних помех на различные приемники зависит от ширины полосы пропускания каждого приемника. Так, одна и та же помеха будет восприниматься широкополосным и узкополосным приемниками по-разному и может иметь характер и импульсной и гладкой, так как приемники по-разному воспроизводят весь спектр частот помехи. Как правило, внешние помехи значительно превышают уровень собственных шумов.

2. Атмосферные помехи

Атмосферные помехи возникают в результате движения электрических зарядов в атмосфере под влиянием различных причин. Основные помехи создаются мощными грозами, однако ощутимые помехи могут возникнуть даже в момент стекания зарядов при электризации провода антенны. Мощные грозы наблюдаются достаточно часто. В среднем на земном шаре наблюдается около 100 молний в секунду, каждая из которых — серия гигантских искровых разрядов, создающих мощное поле, распространяющееся иногда на расстояния до 5—20 тыс. *км* от места разряда. Помехи от отдельных разрядов молний создают затухающие колебания в антенне с длительностью до нескольких миллисекунд. Наиболее сильные и частые грозы наблюдаются летом в экваториальных и тропических областях (над Южной Америкой, Африкой, Индостаном, Малайей), большинство помех приходит в Северное полушарие с юга, со стороны экватора. Интенсивность атмосферных помех падает с ростом частоты.

На рис. 1 приведены кривые, иллюстрирующие характер зависимости интенсивности атмосферных помех от частоты. Данные для графиков были получены с помощью измерительного приемника с шириной полосы пропускания, равной 1 *кгц*, в разное время суток. Кривая для ночи *1* соответствует максимальной напряженности поля ат-

мосферных помех для средней полосы европейской части СССР. Кривая *2* соответствует уровню максимальной напряженности поля помех в дневное время Кривая среднего минимального уровня помех *3* располагается значительно ниже дневной (примерно на два порядка), а кривая *4* для местной грозы проходит несколько выше кривой максимальной напряженности. Она характеризует очень сильные помехи.

В тех случаях, когда уровень атмосферных помех минимален, на частотах выше 0,5 *Мгц* чувствительность приемников при отсутствии помех других видов определяется их собственными шумами. Как

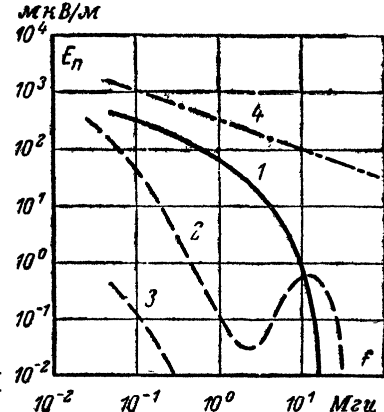


Рис. 1. Зависимость среднего уровня атмосферных помех от частоты в различное время суток (получена с помощью измерительного приемника с шириной полосы пропускания 1 *кгц*).

1 — ночь; *2* — день; *3* — средний минимальный уровень помех; *4*—местная гроза.

видно из рис. 1, уровень помех выше ночью; на коротких волнах он может возрастать и днем.

Уровень помех в центральных частях континентов выше, чем вблизи моря. При значительной высоте над землей уровень помех выше. Летом уровень помех значительно выше, чем зимой; он падает с ростом частоты, особенно при переходе на СВЧ. Этому способствуют и особенности распространения метровых и более коротких волн: они распространяются в основном в пределах прямой видимости и приему на СВЧ могут помешать только сильные местные грозы.

Даже приблизительное рассмотрение основных особенностей атмосферных помех позволяет сделать важный вывод: для исключения или значительного ослабления влияния атмосферных помех для связи следует использовать наиболее короткие волны. При работе на средних и длинных волнах целесообразно применять направленные антенны, ориентируя их так, чтобы направление прихода наиболее сильных помех совпадало с минимумом на диаграмме направленности антенн. Для исключения электризации антенн в районах с сильными ветрами, в условиях сухого воздуха, в приморских районах и т. п. следует применять антенны в специальных металлических экранах, а сами экраны заземлять (к экранированным антеннам относятся рамочные и ферритовые). Для стекания статического электричества антенны связывают с землей через резисторы большого сопротивления, которые незначительно шунтируют вход приемника, но в то же время создают путь для стекания заряда на землю, особенно необходимый при наличии емкостной связи приемника с антенной.

3. Индустриальные помехи

Многочисленные источники индустриальных помех можно разделить на две большие группы: устройства, генерирующие колебания высокой частоты, и устройства, не генерирующие колебаний, но создающие помехи при работе. К первой группе можно отнести (в порядке уменьшения степени их влияния): радиопередатчики промышленного назначения, радио- и телевизионные устройства (например, гетеродины приемников, системы разверток телевизоров), ВЧ генераторы промышленного, медицинского и бытового назначения, искровые ВЧ установки. Помехи, создаваемые перечисленными устройствами, носят периодический характер, слабо затухают, излучаются на основной рабочей частоте и ее гармониках. ВЧ генераторы могут создавать мощные наводки на провода силовых сетей, особенно в случае расположения их на небольших предприятиях среди жилых массивов.

Мощные помехи создаются второй группой источников: различными механизмами и машинами, в которых рабочие токи или напряжения испытывают резкие броски, прерываются, особенно когда при этом образуются искры. К данным источникам относятся: высоковольтные сети, бытовые электросети, электроустройства с высоковольтным разрядом, системы зажигания двигателей внутреннего сгорания, мощные ртутные выпрямители, электротранспорт, всевозможные коммутирующие устройства с подвижными и размыкаемыми контактами.

Броски тока в таких цепях (пример — работа сварочного аппарата) создают апериодические импульсные помехи. Помехи от этой группы источников в полосе частот ниже 20 *Мгц* представляют собой апериодические серии импульсов искаженной формы; в полосе частот 150—500 *Мгц* — случайные импульсы небольшой длительности и частоты повторения.

Напряженность поля помех второй группы сильно зависит от формы, длительности и частоты повторения импульсов, вида контура (например, длины и расположения открытых проводов сварочного аппарата, играющих роль антенны передатчика помех), наличия искрогасящих и противопомеховых приспособлений — различных блокировочных конденсаторов, фильтров, экранировки.

Уровень помех зависит от среды, в которой распространяются помехи, и ряда других причин Так, например, значительное затухание индустриальных помех (индустриальных ВЧ полей) наблюдается с ростом расстояния. Напряженность поля вблизи высокочастотных плавильных печей (с мощностью потребления электроэнергии 60 *квт* и частотой 200 *кгц*), например, доходит до 500 *в/м*, однако уже на расстоянии 2—3 *м* от устройства напряженность поля быстро падает. Помехи от коллекторных машин постоянного тока слышны в радиоприемниках как равномерный шум, переходящий при увеличении скорости в гудение с тресками и щелчками (рис. 2). Помехи от коллекторных машин переменного тока слышны как сплошной шум, а помехи, создаваемые различными токосъемниками, мощными ртутными выпрямителями и т. п., — как трески разной интенсивности, гудение, завывания. Системы зажигания двигателей внутреннего сгорания создают спектр помех, верхняя граница которого простирается до 1 000 *Мгц*. Спектр максимальных помех от систем зажигания автомобилей находится в полосе 30—150 *Мгц*.

Бытовые электроприборы с коллекторными двигателями и раз-

личными регуляторами, разрывающими цепи питания, рекламные газосветные трубки, люминесцентные светильники большой мощности, всевозможные устройства с электроприводами принадлежат к самой большой количественной группе источников помех. Они расположены близко к приемникам и питаются от тех же бытовых сетей (например, пылесосы, электробритвы, стиральные машины, полотеры). Такие бытовые электроприборы могут создавать мощное местное поле помех внутри зданий и вблизи них, особенно в случае их неисправности, а также неисправности их искрогасящих приспособлений и фильтров.

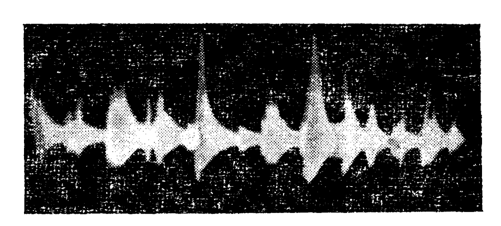


Рис. 2. Осциллограмма напряжения помех на выходе УПЧ приемника при работе коллекторного мотора.

Когда к бытовой сети, питающей приемник, подключаются другие (даже бесколлекторные) бытовые приборы (лампы накаливания, электрические плиты, другие бытовые машины и т. д.), то в момент их включения раздается щелчок, кратковременный треск, особенно в тех случаях, когда выключатели этих приборов неисправны и при коммутации тока искрят. Более длительные по времени действия помехи создаются при работе звонков с прерывателями, выключателей, приборов с терморегуляторами. Помехи, уровень которых значительно уменьшается с расстоянием, создают электробритвы с коллекторными моторчиками, системы разверток телевизоров.

Все рассмотренные помехи распространяются вдоль поверхности земли, вдоль питающих проводов и излучаются внутрь зданий. Излученные колебания быстро затухают, поглощаются стенами и арматурой, а помехи вдоль проводов силовой сети здания могут распространяться на значительные расстояния по смежным помещениям и этажам.

Лучшим методом борьбы с помехами является применение противопомеховых приспособлений, подключаемых к самим источникам помех, т. е. подавление помех непосредственно в месте их возникновения, например, с помощью фильтров, различных блокировочных конденсаторов, дополнительных резисторов и установки экранов. К сожалению, часть этих приспособлений бывает недостаточно совершенной, а, подчас, и неисправной. Некоторая часть установок остается лишенной противопомехóвых приспособлений, а некоторые источники помех вообще не имеют защиты. Например, гетеродины приемников находятся в недостаточно экранированном пространстве шасси и при работе создают поле помех. В простых приемниках без каскадов УВЧ излучение гетеродинов непосредственно просачивается во входные цепи и далее в антенну приемника и излучается.

Помехи от множества источников различных типов создают сплошной фон, наиболее сильный днем. В отдельных случаях индустриальные помехи действуют на расстояниях в десятки метров, а в других на многие сотни метров: вдоль линий электропередач низкочастотные помехи могут распространяться на значительные расстояния. Отмечено, например, что уровень поля индустриальных помех выше у поверхности земли, около электропроводки зданий, под крышами зданий и более сильно воздействует на вертикальные провода, нежели на горизонтальные. Менее чувствительны к таким помехам горизонтальные дипольные антенны. В то же время наиболее сильно

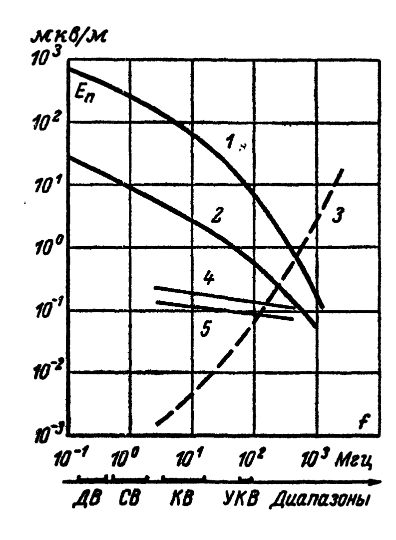


Рис. 3. Зависимость напряженности поля индустриальных помех от частоты для различных населенных пунктов.

1 — средний уровень помех в крупном городе; *2* — средний уровень помех в сельской местности; *3* — уровень собственных шумов лучших профессиональных приемников; *4*, *5* — максимальный и минимальный уровни помех космического происхождения.

промышленные помехи воздействуют на приемник при непосредственной емкостной связи антенны с местным источником помех, например с электросетью здания. Относительно нечувствительны к помехам по причине малой емкости связи и магнитные (ферритовые и рамочные) антенны. Они имеют небольшие размеры и незначительную емкость по отношению к местным источникам помех, а также обладают направленным действием, позволяющим отстраиваться от помех.

С удалением от земли (зданий) уровень индустриальных помех быстро падает и воздействие их на приемники ослабляется. На высоте 30—40 *м* уровень подобных помех уже значительно уменьшен. Некоторое представление о поле промышленных (индустриальных) помех могут дать кривые (рис. 3) зависимости напряженности поля промышленных помех для современного крупного населенного пункта (города) и для населенного пункта в сельской местности, полученные для ненаправленных антенн с помощью измерительного приемника с полосой пропускания в 1 *кгц*. Как видно из рис. 3, чувствительность высококачественного профессионального приемника в диапазонах КВ и СВ (менее 5 *мкв*) в городских условиях при наличии индустриальных помех (даже без учета других видов помех) не может быть реализована. Чувствительность такого приемника в диапа-

зоне 70—100 *Мгц* может быть частично реализована лишь ночью, когда большая часть источников помех обесточена. Следует заметить, что реальные полосы пропускания обычных приемников значительно шире 1 *кгц*, поэтому воздействие на них помех сказывается еще более интенсивно. Чем шире полоса пропускания приемника, тем он более чувствителен к помехам. Заметим, что уровень собственных шумов (кривые чувствительности) обычных радиовещательных приемников невысоких классов, не имеющих УВЧ, схема которых начинается с сильно шумящего преобразовательного каскада, почти на 2 порядка выше, чем уровень шумов профессиональных приемников (рис. 3). В городах часты случаи, когда на входе приемника действует наряду с напряжением сигнала (подчас, очень слабым) напряжение помех, равное 70—100 *мв*. В крупных городах иногда могут наблюдаться случаи воздействия на приемники очень мощных помех, создающих на антенных входах напряжения, превышающие 1 *в*.

Напряжение на входе приемника пропорционально длине антенны и напряженности электрического поля сигнала. Очевидно, что увеличение длины антенны при наличии сильных помех нецелесообразно. Из данных усредненных кривых, приведенных на рис. 3, следует, что на антенне длиной всего 10 *м* в диапазонах ДВ и СВ могут наводиться помехи, создающие на входе приемников напряжения более 10 *мв*. Заметим, что приемники высшего и первого классов имеют в этих диапазонах чувствительность, равную 50 *мкв*, поэтому практически эта чувствительность также не всегда может быть реализована.

Эксперименты показывают, что существует прямая зависимость мощности индустриальных помех и частоты от расстояния между антенной некоторого приемника и центром населенного пункта, например города. Имеются сведения о том, что помехи большого города ощутимы в полосе частот от 70 до 500 *Мгц* на расстояниях до 40 *км* и более, а мешающее их воздействие на различную радиоаппаратуру простирается до частот порядка 1 000 *Мгц*.

4. Помехи со стороны соседних по диапазону радиостанций

Специальными международными соглашениями весь земной шар разделен на три района (табл. 1), чтобы радиостанции этих районов по возможности меньше мешали друг другу даже при относительной близости их рабочих частот.

Указанным районам и странам выделены отдельные частоты и полосы частот. Они также распределены между отдельными службами (например, службой навигации, связи и т. д.). Каждой радио-

Таблица 1

Район 1	Район 2	Район 3
Все страны Европы и Африки, азиатская часть СССР, часть Турции, Монголия	Северная и южная Америка, Гренландия	Страны Азии (кроме указанных в районе 1), Австралия, Океания

станции присвоена определенная частота. Некоторые радиовещательные каналы и каналы, отведенные радиолюбителям, сложились исторически, однако бо́льшая часть «новых» диапазонов осваивалась уже с учетом создания меньших взаимных помех между работающими в этих диапазонах средствами. Каналы для телевидения распределяются с учетом ослабления взаимных помех между программами телецентра страны, телевизионными сетями различных стран, между телецентрами и многими местными ретрансляторами. Такое же положение наблюдается и в области ЧМ вещания.

Радиовещательные каналы в диапазонах ДВ и СВ разнесены по частоте на 10, а иногда и на 9 *кгц*, в диапазонах КВ — на 25 *кгц*, в метровом диапазоне — на 100 *кгц*, девиация частоты УКВ ЧМ станций равна ± 50 *кгц*, а девиация частоты каналов звукового сопровождения телевизионных программ составляет ± 75 *кгц*. Для программ телевидения отведены каналы с шириной 7 (и 8) *Мгц*. Легко видеть, что чем ниже рабочая частота, тем меньше станций может работать без взаимных помех в данном диапазоне.

При присвоении станциям определенной рабочей частоты учитываются особенности распространения радиоволн данного частотного диапазона, взаимное расположение соседних по частоте станций в упомянутых районах Земли и ряд других условий, вплоть до учета кривизны Земли. В пределах каждого частотного диапазона станциям «тесно» и к их параметрам предъявляются жесткие требования; важнейшие параметры передатчиков (стабильность несущей частоты, коэффициент модуляции и т. п) строго регламентируются. Современные радиовещательные станции имеют очень большие мощности излучения; это создает затруднения при приеме сигнала на соседних частотах в случае, когда мощная станция находится недалеко от места расположения приемника, ее влияние распространяется на значительный участок диапазона.

Вне отведенной полосы станция должна излучать не более 1% своей мощности (по 0,5 % выше и ниже боковых полос). Однако по ряду технических причин указанные требования не всегда выполняются: при перемодуляции, например, мощность внеполосных излучений несколько увеличивается, передатчики станций могут создавать паразитные излучения (на более высоких частотах), в элементах передатчиков возникают паразитная генерация, а также шумы. На рис. 4 показана занимаемая вещательной станцией полоса частот. Когда эта полоса равна необходимой, излучение называется совершенным. При этом вне полосы излучается не более 1 % мощности.

Обычно занимаемая полоса шире необходимой, в спектре станции присутствуют побочные излучения: гармоники и субгармоники (они возникают в случае, когда основное излучение получается умножением более низкой частоты), паразитные излучения на случайных частотах, комбинационные излучения. Последние возникают в результате взаимодействия несущего колебания, частот, формирующих несущую частоту, и их гармоник. Мощность перечисленных паразитных излучений растет с ростом мощности передающей станции.

Специфическими побочными излучениями являются интермодуляционные излучения. Они возникают в передатчике при воздействии на него излучений других передатчиков, например при работе нескольких передатчиков на одну антенну, а также при наличии нежелательных связей между передатчиками.

В непосредственном соседстве с радиовещательными станциями работают специализированные средства связи. На границе ДВ диа-

пазона отведены участки для работы станций морской навигации, станций связи на фиксированных частотах. Такое же положение наблюдается и на всех остальных доступных радиолюбителям диапазонах. Значительные специфические помехи приему сигналов удаленных радиостанций создаются при работе мощных местных радиостанций (явление перекрестных помех).

Подчас ощутимо и влияние пассивных помех. Заметим, что для высококачественного приема при амплитудной модуляции требуется излучение в эфир боковых полос ширнной до 10—12,5 *кгц*, а также

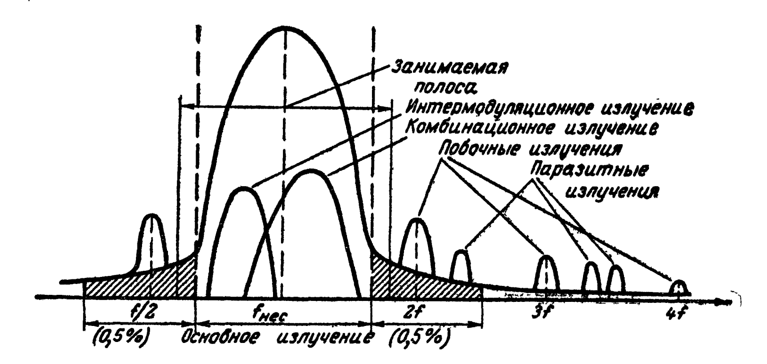


Рис. 4. Полоса частот, занимаемая вещательной станцией.

расширение до указанных пределов полосы пропускания приемников. Легко видеть, что расширение полос пропускания приведет к значительному увеличению воздействия на эти приемники и атмосферных и промышленных помех. К тому же расширение спектра излучаемых передающими станциями частот в диапазонах СВ и ДВ крайне затруднено ввиду большой загруженности эфира. Высокое качество приема значительно проще может быть обеспечено только на СВЧ при переходе на частотную модуляцию.

5. Помехи со стороны специализированных радиостанций

Активные помехи радиоприему создаются и большим количеством радиопередатчиков различного назначения как стационарных, так и мобильных. К последним относятся радиостанции на автомобилях, самолетах, судах (вплоть до шлюпок). Любое из подвижных современных средств, например самолет или корабль, имеет несколько передатчиков и может излучать и принимать сигналы с целью связи, навигации, подавать аварийные сигналы, излучать радиолокационные сигналы. Эти передатчики работают в диапазоне 1,5—24 *Мгц* и имеют мощности до 400 *вт*. Передатчики, работающие для связи в диапазонах СВ и ДВ, обычно имеют мощность 250—300 *вт*. Аварийные передатчики (на частоте 500 *кгц*) имеют мощность до 60 *вт*. В прибрежных районах работает большое количество радиостанций в диапазоне 150—160 *Мгц* со средней мощностью 10 *вт* Радионавигационные системы для самолетов работают в диапазоне

70—140 *кгц* и 180—750 *кгц*. Известная зарубежная радионавигационная система «Лоран» работает, например, на частоте 2 *Мгц*.

Основная часть передатчиков специальных стационарных и мобильных средств работает вне основных радиовещательных и радиолюбительских диапазонов. Однако гармоники ДВ и СВ передатчиков, перечисленных систем связи, могут создавать помехи в диапазонах СВ и КВ, а так как часть их имеет значительно большие мощности, то мешающее действие со стороны гармоник может проявляться, например, до пятой, седьмой (и выше) гармоник. Официально каждое из перечисленных устройств, как уже подчеркивалось, обязано излучать в отведенной ему полосе не менее 99 % своей мощности.

Одним процентом «внеполосного» излучения можно было бы пренебречь, если бы число рассматриваемых источников помех разных частот было бы мало. Однако это число составляет несколько миллионов. Число торговых кораблей в 1970 г. составляло 70 тыс. В 2000 г. их число достигнет 130 тыс., а с учетом рыболовного флота — 1 млн. Число самолетных рейсов в 1956 г. составляло 65 тыс., к 1976 г. оно составит 780 тыс. Число единиц подвижной наземной передающей аппаратуры во всем мире с 1969 по 1972 г. увеличилось примерно в 2 раза. К 1975 г. только в США число мобильных передатчиков превысит 5 млн. В Японии, например, только за один год количество радиоэлектронных средств увеличивается примерно на 25%.

Сказанное в какой-то мере относится и к РЛС. Количество этих станций неуклонно увеличивается. Только в США еще в 1966 г. их было около 15 тыс. Эти станции могут создавать значительные помехи УКВ ЧМ приему, телевидению. Дело в том, что мощности, излучаемые РЛС, огромны: современные станции генерируют сотни киловатт в непрерывном режиме и десятки мегаватт в импульсе.

Сверхмощные РЛС создают несколько сотен мегаватт в импульсе. Легко представить величины мощностей, излучаемые такими станциями во всех направлениях (по боковым и задним лепесткам их антенн), и мощности их «внеполосного» излучения. Поэтому следует отметить, что часть энергии мощных излучений может попадать в УКВ приемники по зеркальным каналам, хотя чувствительность приемников по этим каналам обычно на 50—60 *дб* ниже чувствительности на частоте основной настройки. Хотя УКВ ЧМ прием наименее подвержен воздействию помех, помехи ему возникают также и при работе телевизионных передатчиков; это следует учитывать, так как число таких передатчиков быстро растет с каждым годом.

Глава вторая

МЕТОДЫ БОРЬБЫ С ПОМЕХАМИ РАДИОПРИЕМУ

1. Пути проникновения помех в приемник. Ослабление влияния индустриальных помех

Для борьбы с помехами необходимо знать природу помех, их особенности и специфику их распространения и затухания, поляризацию, а также различать их по времени прихода к антенне приемника. При этом необходимо учитывать различие частот источников помех и сигналов и различие их спектров.

Основной путь, по которому помехи попадают в приемник, — это путь самих полезных сигналов. Основные помехи попадают в приемник через антенну. Поэтому значительное увеличение длины антенны для увеличения уровня полезного сигнала не может улучшить отношение сигнал/помеха на входе приемника, так как мощное поле помех будет наводить в такой антенне значительные напряжения. Подъем антенны на относительно большую высоту также не улучшит отношения сигнал/помеха, а во многих случаях ухудшит его, так как на удлиненное и не экранированное снижение, выполненное из провода самой антенны, будут наводиться сильные помехи.

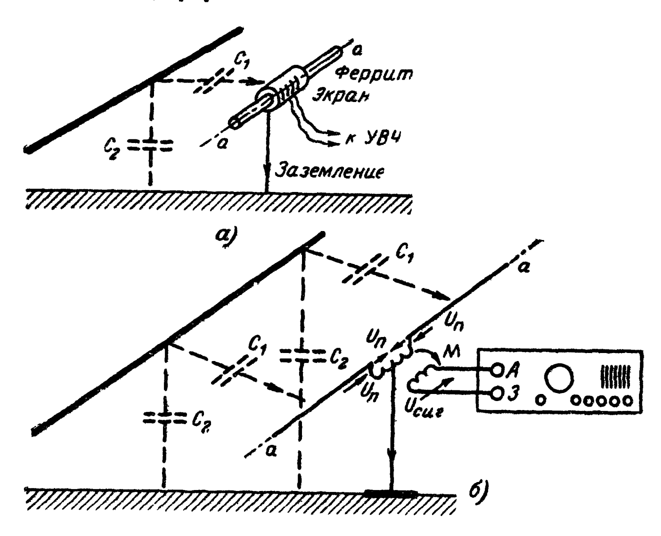


Рис. 5. Ослабление влияния помех на различные антенны при прямой емкостной связи с источником помех.

Для уменьшения влияния помех иногда существенно важно изменить расположение антенны по отношению к источнику помех или изменить конструкцию самой антенны и характер ее связи с источником помех. Предположим, что антенна, представляющая собой проводник, параллельна линии высоковольтной передачи или линии мощной бытовой энергосети, в которой присутствуют значительные радиочастотные наводки или имеются резкие броски тока. Между проводами сети и антенной в этом случае имеется прямая емкостная связь, поэтому напряжения помех вводятся непосредственно во входную цепь приемника.

Примером может служить антенна, расположенная в комнате здания, параллельно которой на близком расстоянии проходит силовая линия. Если в тех же условиях вести прием на магнитные антенны (ферритовую или рамочную), картина резко изменится. На рис. 5, *а* показан случай, когда вместо проводника обычной комнатной антенны, располагавшегося ранее по линии *а* — *а*, установлена ферритовая антенна с экранированной катушкой. Размеры катушки

антенны невелики, поэтому ее прямая емкостная связь (показана в виде конденсатора C_1) с источником помех даже без экрана достаточно мала. Наличие экрана дополнительно ослабляет эту связь и тем самым значительно ослабляет действие помехи. Аналогичным образом ослабляется влияние помех и на рамочные антенны.

Влияние помех на дипольные антенны (ДА) также невелико, так как токи, наводимые помехами в проводниках диполя, компенсируют друг друга в антенной катушке (как показано на рис. 5, *б*). Если к тому же диполь будет настроен на частоту принимаемой станции, то выделенные симметричной антенной сигналы (и переданные во входную цепь приемника с помощью трансформатора) будут в значительной мере свободны от целого ряда составляющих поля помех.

Помехи могут попасть в приемник и через цепь заземления. Во многих руководствах по установке приемников указывается на необходимость устройства заземления. В городских условиях многие радиолюбители и радиослушатели осуществляют заземление не всегда правильно, используя для этой цели трубы отопительной сети. В современных зданиях трубы отопительной сети имеют небольшой диаметр, не всегда соединены с металлом арматуры стен и, что важно, при большой длине в многоэтажных зданиях имеют значительные индуктивность и сопротивление.

В ряде случаев очень мощные местные помехи от электроустановок дома и бытовых приборов с неисправными фильтрами могут наводиться на эти трубы. Так как между антенной и «землей» в виде труб имеется емкость, часть напряжения помех (хотя и небольшая, так как омическое и индуктивное сопротивления «заземления» невелики) подключается непосредственно ко входу приемника. Во многих случаях для борьбы с местными индустриальными помехами вместо заземления поэтому лучше применять противовес. Для ослабления влияния помех противовес применялся еще в 30-х годах. Для тех лет наиболее характерен противовес в виде изолированной от шасси приемника металлической сетки, которая размещалась по стенкам и дну корпуса (ящика) приемника. Особенно легко такой противовес устанавливался в корпусах радиол с большими размерами. Противовес включался в схему входной цепи (рис. 6). При этом помехи, наводимые на антенну и сетку противовеса, взаимно компенсируются во входной цепи приемника и действие их значительно ослабляется.

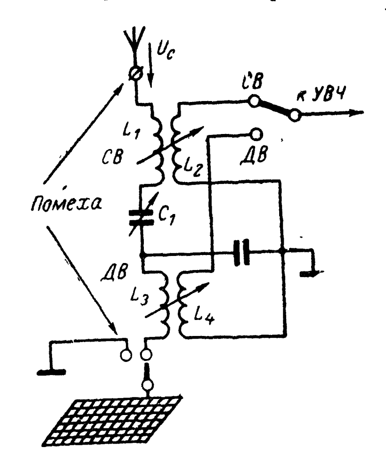


Рис. 6. Схема включения противовеса в виде металлической сетки, укрепленной на стенках корпуса (ящика) приемника.

Точность компенсации регулируется переменным конденсатором C_1. В 30-е годы были разработаны многие варианты «противошумовых» и противопомеховых антенн. В то время приемники бы-

ли еще недостаточно совершенными, имели низкую избирательность и широкую полосу пропускания, а количество источников индустриальных помех особенно в городах бурно росло. Часть «старых» рекомендаций по ослаблению влияния помех актуальна и сегодня: справедливы рекомендации по устройству антенн с укороченным снижением, антенн с коротким экранированным вводом, антенн с двухпроводным вводом (фидером).

Хорошо известно, что воздействию индустриальных помех наиболее сильно подвержены не только комнатные антенны, но и снижения

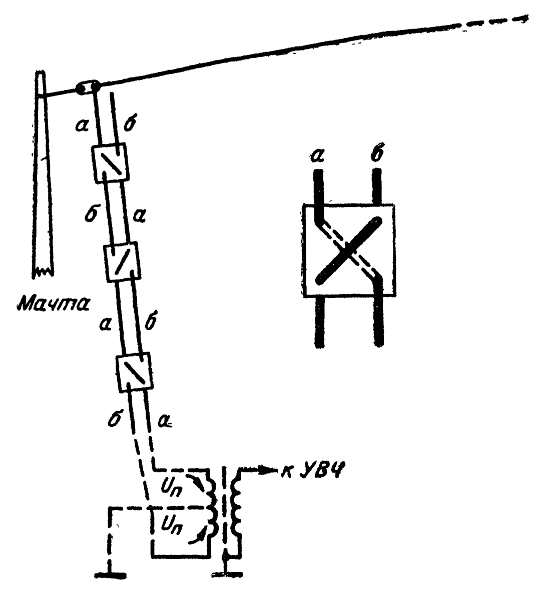


Рис. 7. Схема защиты двухпроводного снижения.

наружных антенн. Сущность большинства предложений по уменьшению влияния активных помех данного вида сводится к защите наиболее подверженного помехам элемента обычной антенны—ее снижения (вертикального провода, проходящего от антенны к входным зажимам приемника вблизи здания, через зону наиболее интенсивных помех).

Рассмотрим устройство защиты на примере двухпроводного снижения (рис. 7) КВ антенны. Помехи действуют на оба провода симметричной линии *а — б*, а так как они равны по длине, напряжения помех на проводах оказываются примерно равными. При подключении линии к симметричной входной катушке во входной цепи произойдет компенсация помех и на вход УВЧ будут поступать преимущественно токи, вызванные действием сигнала. На рис. 7 показан также вид узла пересечения двух неизолированных проводов из антенного канатика. Двухпроводное изолированное снижение может быть дополнительно защищено обычным экраном-оплеткой; если поле

помех и «просочится» сквозь недостаточно тщательно выполненную металлическую оплетку, то ослабленные воздействием экрана помехи будут наводиться на два провода одновременно и далее компенсироваться.

В диапазоне СВ или ДВ подобную антенну с экраном можно использовать в качестве обычной антенны, а для уменьшения влияния помех при этом применять компенсирующий противовес, схема включения которого приведена на рис. 8. В этой схеме для осуществления приема в диапазонах КВ и СВ (или ДВ) необходимо переключать

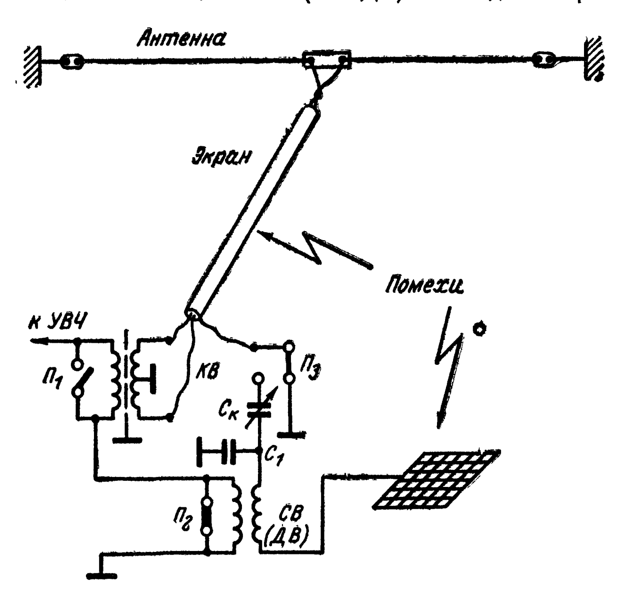


Рис. 8. Схема защиты экраном двухпроводного снижения КВ антенны с использованием экрана в качестве антенны СВ диапазона.

одновременно контакты переключателей $П_1$, $П_2$ и $П_3$. На КВ (этот случай показан на рис. 8) оплетку заземляют, размыкают контакт $П_1$ и замыкают $П_2$. При приеме в диапазоне СВ (или ДВ) контакт $П_1$ замыкают, а $П_2$ — размыкают; оплетку присоединяют к конденсатору $C_к$. Схемы на рис. 7 и рис. 8 имеют разновидности. В схеме на рис. 9 двухпроводное снижение КВ антенны дополнено третьим проводом, включенным в схему компенсации помех СВ (или ДВ) диапазона. Компенсация может быть осуществлена по схемам на рис. 6 или на рис. 7 (заземление входного контура СВ для этого случая показано на рис. 9 пунктиром), для чего может быть применена симметричная входная катушка, C_1 должен быть закорочен, а C_2 исключен.

Для приема станций в диапазонах КВ радиолюбитель может выбрать близкие по диапазонам антенны с учетом их параметров и пересчитать длины их лучей и расстояния между проводниками

отводов антенн (для связи со снижением) или расстояния между проводниками в начальных участках снижений, пользуясь тем, что изменение рабочей длины волны пропорционально изменению длин антенн, а также подобрать соответствующий фидер.

Эффективность рассмотренных антенн с точки зрения ослабления приема помех повышается с подъемом их горизонтальных лучей из-за удаления от источников местных помех. Однако при плохом согласовании увеличение высоты антенны начинает сопровождаться быстрым

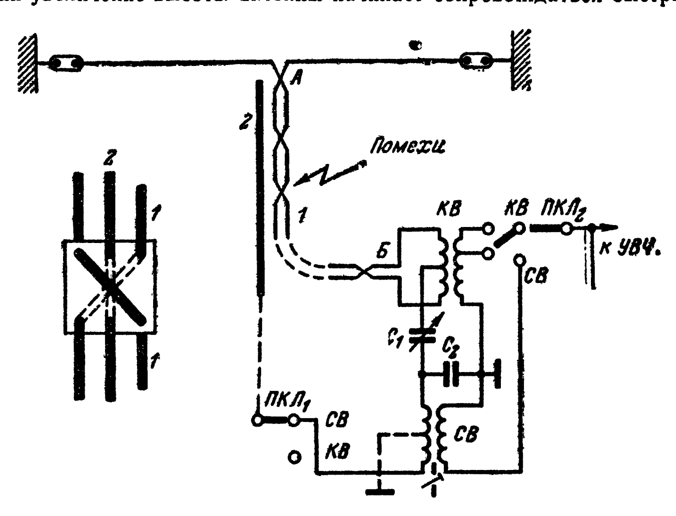


Рис. 9. Схема компенсации помех при использовании трехпроводного снижения.

1 — двухпроводное снижение (фидер); 2 — третий провод, параллельный проводам снижения.

ростом потерь сигнала в снижении. Это нежелательное явление необходимо устранить. Антенна является генератором сигнала, который (как всякий генератор) имеет определенное внутреннее сопротивление (например, сопротивление дипольной антенны равно приблизительно 300 *ом*). Генератор должен быть согласован с нагрузкой, только в этом случае в нагрузку поступает максимальная мощность.

Нагрузкой для антенны является снижение, нагрузкой снижения — входная цепь приемника. Поэтому для «высоких» антенн часто применяются специальные снижения с трансформаторами, улучшающими согласование, один из которых устанавливают на антенне (в точке *А*, рис. 9), а другой — на входе приемника (в точке *Б*). В каждом трансформаторе две обмотки; у входного трансформатора между обмотками обязательно ставят электростатический экран. Обмотки обоих трансформаторов выполняются примерно так же, как и входные контуры УВЧ соответствующих диапазонов, но с увеличенным числом витков в катушке, присоединяемой к антенне. Подобные трансформаторы позволяют использовать двухпроводные снижения длиной до 40—50 *м*.

Легко видеть, что при такой длине снижений горизонтальные части антенн можно разместить достаточно высоко, например поднять на крыши многоэтажных зданий. При этом потери, вносимые снижением, и вносимая во входные цепи приемника емкость оказываются меньшими, нежели соответствующие потери и емкость, вносимые коаксиальными кабелями такой же длины.

Трансформаторы, применяемые для подобных снижений, достаточно сложны. Так, например, всеволновая (от ДВ до КВ) «антишумовая» антенна с длиной горизонтальной части до 30 *м* имеет два трансформатора. Каждый трансформатор содержит пять обмоток, симметрично расположенных на гильзах и размещенных в алюминиевых герметизированных экранах, которые подобны экранам трансфроматоров УПЧ устаревших ламповых приемников. Обмотки, связанные с антенным проводом, размещаются на внутренней гильзе с сердечником; поверх нее на второй гильзе размещаются секции катушек, присоединяемых к снижению. Антенный трансформатор настраивается с помощью встроенных конденсаторов и магнетитового сердечника и включается между проводом горизонтальной части антенны и заземлением. В качестве заземления часто используются листы железной крыши (иногда значительно лучше использовать противовес, изолированный от крыши) Аналогичный (второй) трансформатор включается на входе приемника.

Секционирование обмоток в подобных трансформаторах, а также их тщательное симметрирование необходимы для расширения полосы частот сигналов, поступающих от антенны в приемник. Если ограничить эту полосу частот, например, применяя антенны с двухпроводными снижениями для приема только в одном выбранном диапазоне, в котором наиболее сильно влияние индустриальных помех, основной недостаток таких снижений, который сводится к усложнению антенных трансформаторов, можно частично устранить.

Открытые двухпроводные снижения имеют и другой недостаток: они подвержены механическим и атмосферным влияниям. Поэтому при выносе антенн на крыши высоких многоэтажных домов в качестве снижения необходимо использовать кабель. Кабель не симметричен. Это обстоятельство не учитывается многими радиолюбителями, присоединяющими ко входу обычного приемника кабель большой длины для связи с высоко поднятыми горизонтальными антеннами. Такие снижения расстраивают входную цепь приемника, так как кабель имеет значительную емкость и вносит потери. Это ведет к уменьшению полезного сигнала, поэтому отношение сигнал/шум увеличивается незначительно. Кабель можно использовать в том случае, если его можно согласовывать с входной цепью и с антенной так, как это делается в телевидении, или использовать его совместно с антенным усилителем.

Современные радиоматериалы, например ферриты, позволили значительно упростить конструкцию согласующих и симметрирующих трансформаторов для систем антенна — кабель — приемник.

На рис. 10 показаны схема включения и конструкция трансформатора на ферритовом кольце марки 30 ВЧ, 100 НН. Трансформатор крепится непосредственно на проводе антенны. Он имеет малые размеры, монтируется в небольшом пластмассовом корпусе *1* и заливается битумом или смесью воска с канифолью. Внешний экран отсутствует, так как поле кольца незначительно. В качестве внутреннего экрана в диапазонах СВ и ДВ можно использовать небольшой заземленный листок фольги *2* в центре кольца *3* между обмотками.

Ко вторичной обмотке присоединяют горизонтальный луч антенны и заземление. При этом на КВ лучше применять антенну с двумя лучами (вибратор). Число витков трансформатора зависит от марки феррита. На СВ и ДВ обмотка *II* обычно имеет 100—200 витков, обмотка *I* — 50—100 витков.

Антенна для диапазона 40 и 20 *м* имеет согласующий и симметрирующий трансформаторы на кольцах марки 50 ВЧ сечением 20 *мм²*. Обмотка *I* имеет 15 витков, обмотка *II* — 30 витков провода ПЭВ диаметром 1 *мм*. Если приемник не имеет специального низкоомного

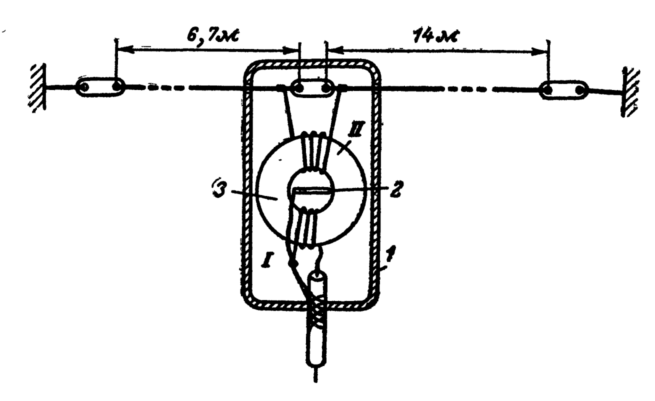


Рис. 10. Схема антенны со снижением в виде кабеля.

входа для кабеля, необходима установка второго такого же трансформатора. Его первичная обмотка подобна первичной обмотке антенного трансформатора; число витков вторичной обмотки зависит от сопротивления входной цепи.

Конструкция трансформатора упрощается для КВ диапазона. На рис. 11 дана схема трансформатора для КВ антенн со специальным сердечником из высокочастотного феррита марки 30 ВЧ 2. Каждая из четырех обмоток в зависимости от длины волны содержит от 10 до 20 витков, намотанных на сердечнике, как показано на рис. 11 (*Н* — начало обмотки, *К* или точка — конец обмотки).

Наиболее просты трансформаторы УКВ диапазона. На рис. 12 приведена схема трансформатора с обмотками из четырех — восьми витков, выполненного на кольце из СВЧ феррита. Провод — литцендрат, шаг постоянный. Часть обмотки наматывается сразу двумя проводниками. Коэффициент передачи по напряжению у такого трансформатора 1 : 1. После монтажа обмоток (их вначале выполняют с отводами) трансформаторы настраивают на земле по максимуму коэффициента передачи на выбранном участке диапазона. Для получения более равномерного коэффициента передачи по диапазону резонанс системы выводят за пределы рабочего участка частот. Настройка (подбор витков) ведется с помощью генератора сигнала, удаленного на расстояние в несколько длин волн, и вспомогательной антенны, а также с помощью приемника, подключаемого к резистору нагрузки фидера. На выходе приемника желательно включить стре-

лочный индикатор. В процессе настройки нужно облучать только лучи антенны, а кабель, приемник, прибор и проводники их питания экранировать.

Антенные усилители сигнала просты по конструкции, не требуют значительной затраты труда для изготовления. Они могут выполняться в виде малошумящего (простого или каскодного) усилителя на лампах или транзисторах, катодного (эмиттерного) повторителя

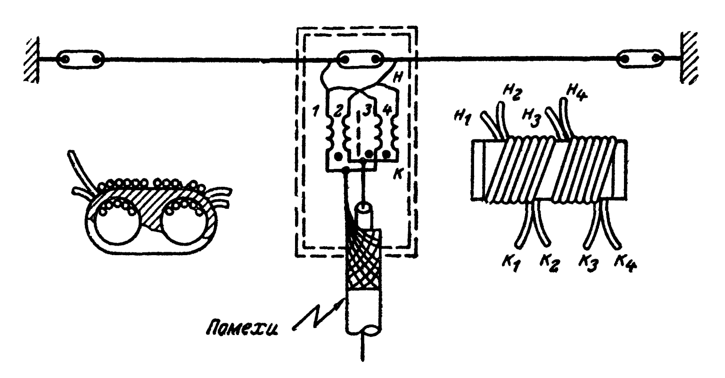


Рис. 11. Схема включения обмоток трансформатора на специальном сердечнике для антенны с кабельным снижением.

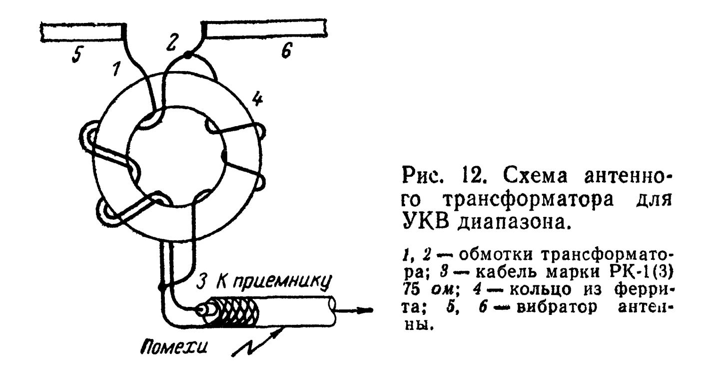


Рис. 12. Схема антенного трансформатора для УКВ диапазона.

1, 2 — обмотки трансформатора; *3* — кабель марки РК-1(3) 75 *ом*; *4* — кольцо из феррита; *5, 6* — вибратор антенны.

или двухтактного усилителя мощности. Когда на антенне устанавливают транзисторный усилитель, подводку питания и выход усиленного сигнала можно осуществить с помощью обычного коаксиального кабеля.

Ламповый усилитель можно использовать в случае наличия дополнительного экранированного кабеля с несколькими жилами. Схема такого усилителя приведена на рис. 13. Кабель для подвода питания можно получить из коаксиального кабеля с полой изоляцией и тонкой центральной жилой, протянув с ее помощью внутрь кабеля несколько изолированных проводников. В равных условиях лучшая отстройка от помех обеспечивается при настройке антенного усилите-

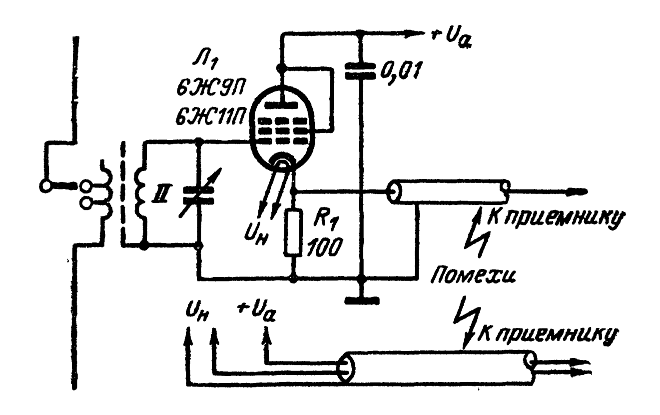


Рис. 13. Схема лампового антенного усилителя для дипольной антенны.

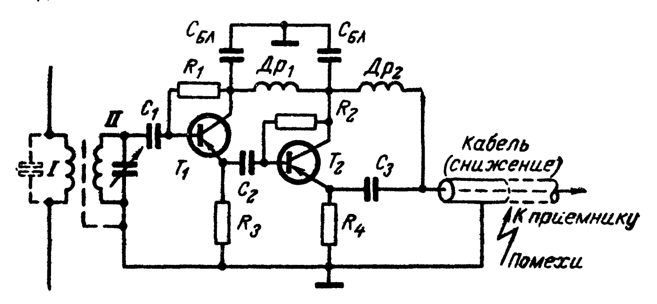


Рис. 14. Схема транзисторного усилителя для дипольной антенны (данные деталей зависят от типа примененных транзисторов).

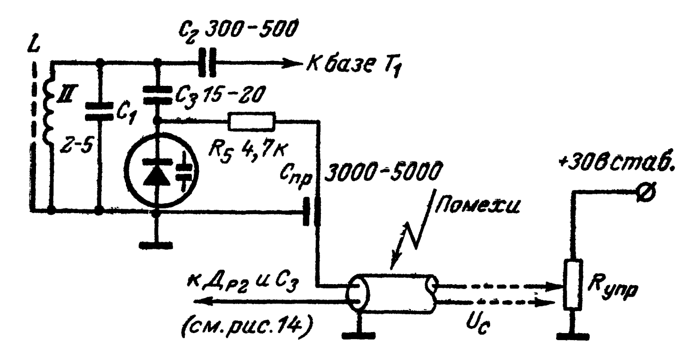


Рис. 15. Схема подачи управляющего напряжения на варикап (в схеме рис. 14).

ля на частоту сигнала. Легко видеть, что эта настройка должна быть дистанционной, например электронной.

Примерная схема транзисторного усилителя, предназначенного для установки на антенне, показана на рис. 14, а элементы электронной настройки его контура приведены на рис. 15 Параметры элементов схемы рис. 14 зависят от типов примененных в ней транзисторов, а емкости конденсаторов, служащих для подстройки контуров *I* и *II*, и индуктивности дросселей $Др_1$ и $Др_2$ — от рабочей частоты. В качестве управляемого конденсатора в схеме на рис. 15 можно использовать полупроводниковые диоды, транзисторы в диодном включении, стабилитроны и специальные варикапы. Типичные для любых типов варикапов характеристики изменения емкости от подаваемого напряжения имеют круто восходящий и относительно пологий участки. Для работы лучше использовать только некоторые участки характеристик варикапов, например те, на которых емкость варикапа более стабильна.

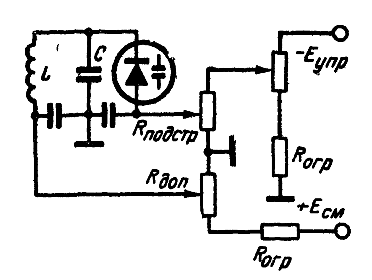


Рис. 16. Схема одновременной подачи напряжений смещения и управления.

С этой целью на варикап подают рабочее смещение и подбирают необходимый диапазон изменения управляющего напряжения (рис. 16). Подобные же изменения схемы управления (ввод резисторов $R_{доп}$, $R_{огр}$ и т. п.) необходимо произвести и для схем управления при смене диапазона частот антенного устройства. При использовании стабилитронов типа Д 811, варикапов Д 901 и Д 902 и многих полупроводниковых диодов схема на рис. 15 может быть использована в диапазоне УКВ и некоторых диапазонах КВ.

Для подстройки антенного контура и контура первого каскада антенного усилителя можно использовать также варикапы типов КВ102А(Б) и КВ104(105). Наибольшее напряжение смещения для варикапов типа КВ102 составляет 45 *в*, а номинальная емкость 14—23 *пф* (для КВ102А) и 19—30 *пф* (для КВ102Б). Их емкость при изменении смещения от нуля до номинального изменяется в меньшую сторону в 3 раза от номинальной. Варикапы типа КВ104А(Е) имеют емкость 90—120 *пф*, коэффициент перекрытия 3. Эти варикапы могут применяться даже на отдельных участках диапазона СВ. Емкости варикапов КВ105А(Б) составляют 400—600 *пф*. С их помощью можно перестраивать антенны и антенные усилители в диапазонах СВ и ДВ. Для управления емкостью перечисленных диодов цепь потенциометра управления должна питаться от стабилизированного (с помощью обычных стабилитронов) источника; шкала потенциометра градуируется в килогерцах.

Индустриальные помехи могут попадать в приемник и по проводам питания. Для ослабления их влияния, а также ослабления помех от мощных местных радиостанций, наводящих во многих случаях значительные напряжения на провода бытовых сетей, следует применять одно- или двухзвенные П-образные фильтры. Эти фильтры состоят из индуктивностей — однослойных катушек из провода ПЭ 0,6—0,8 на ферритовых стержнях длиной $l = 50 \div 70$ *мм* и диаметром 8 *мм*

и двух — четырех конденсаторов емкостью 0,05—0,07 *мкф*, каждый из которых подключен к одному из проводов силового входа приемника. Кроме установки фильтров необходимо экранировать первичную обмотку силового трансформатора, а в некоторых случаях сам трансформатор и весь выпрямитель. В качестве экрана в трансформаторе применяют дополнительную обмотку из тонкого провода между сетевой и остальными обмотками; ее вывод присоединяют к шасси приемника. Следует избегать применения автотрансформаторов вместо трансформаторов вследствие наличия гальванической связи их вторичных обмоток с бытовой сетью. Необходимо также уделять внимание экранировке как шасси приемника с его схемой (применять металлический поддон), так и всего приемника в целом, используя, например, металлический корпус.

2. Повышение частотной избирательности

Интенсивность помех, создаваемых работой соседних по частоте станций, зависит от спектров излучаемых ими сигналов, мощности, удаления от места расположения приемника и от ширины его полосы пропускания. На рис. 17 показаны спектры излучений различных по частоте и мощности станций. Станции *А*, *В* и *Г* используют отведенные им полосы частот, станция *Б* излучает мощные сигналы в недопустимо широкой полосе частот, а станция *Д* излучает один тон и работает на частоте, отведенной станции *Г*. Легко видеть, что при приеме сигналов одной и той же станции, например станции *А*, воздействие помех от соседних станций будет зависеть от величины избирательности приемника.

Рассмотрим резонансную характеристику фильтра (кривая *I*), осуществляющего основную избирательность в приемнике, который

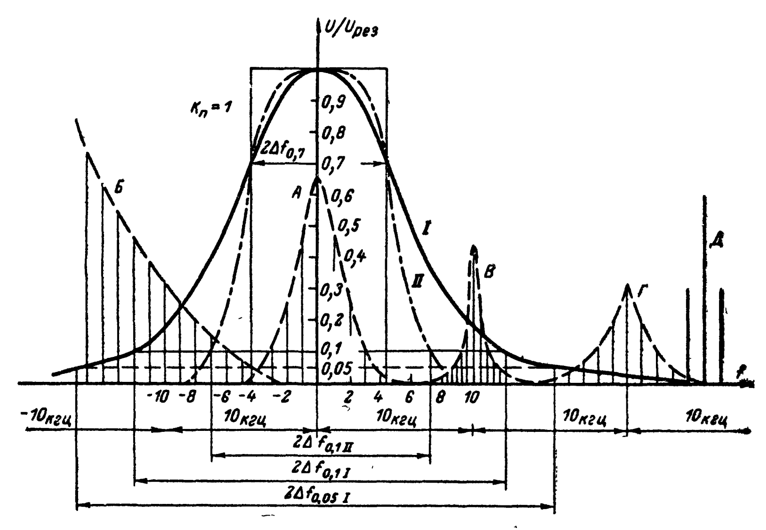


Рис. 17. Спектры излучения различных станций и вид резонансных характеристик основного фильтра приемника.

имеет относительно невысокие параметры. При работе такого приемника будет наблюдаться прямое прохождение мощных помех, создаваемых станцией *Б*, на прием будут влиять помехи от станций *В* и *Г* и даже от станции *Д*. Кроме того, сигналы основной принимаемой станции *А* будут искажены. Амплитуды отдельных составляющих различных частот спектра полезного сигнала на выходе приемника зависят от формы резонансной характеристики, а если она не имеет плоской вершины, частоты, удаленные от несущей, будут ослабляться.

Полоса пропускания приемника $2\Delta f_{0,7}$ имеет ширину, равную ширине резонансной характеристики на фиксированном уровне, соответствующем уровню 0,7 от напряжения $U_{рез}$. Данный уровень установлен таким потому, что потеря громкости звучания, равная 30%, для крайних составляющих спектра передаваемого сигнала еще незначительно влияет на восприятие человеком относительно высоких звуковых частот. Крайние же составляющие спектра несут эти звуковые частоты.

Идеальная резонансная характеристика фильтра приемника имеет вид прямоугольника шириной $2\Delta f_{0,7}$. Реальная характеристика сильно отличается от прямоугольной, ее стараются приблизить к идеальной, при которой влияние помех и искажения сигнала минимальны.

Оценку формы характеристики приемника часто производят по коэффициенту прямоугольности $K_п$, представляющему собой отношение $2\Delta f/2\Delta f_{0,7}$ для некоторого уровня, на котором определяется

Таблица 2

Класс приемника	Чувствительность, *мкв*	Избирательность по соседнему каналу	
		число раз	*дб*
Высший	50	1 000	60
1	150	200	46
2	150	50	34
3	200	20	26
4	300	6—10	16—20

Тип приемника	Стабильность работы	Уровень собственных шумов	Коэффициент прямоугольности $K_п$ при ослаблении в	
			10 раз	100 раз
Прямого усиления	Хорошая	Низкий (очень низкий)	3—10	5—100
Регенеративный	Плохая	Средний	3—10	5—100
Сверхрегенеративный	Посредственная	Высокий	5—30	50—1 000
Супергетеродинный	Хорошая	Низкий	1,5—2,2	1,7—2,5

величина расстройки Δf. Для идеальной характеристики $K_п=1$ на любом уровне. Для фильтра $IK_п$ для отношения уровней 0,7/0,1 или 3/20 *дб* будет равен 2,67; для отношения 0,7/0,05 (3/26 *дб*) он будет равен 3,7; для фильтра *II* (для тех же уровней) — соответственно 1,62 и 1,73. Второй коэффициент прямоугольности (кривая *II*) меньше, поэтому избирательность приемника с таким фильтром будет выше и на его работу станция *Б* будет влиять в меньшей степени, а помеха от станции *В* будет более ослаблена.

Рост величины $K_п$ при увеличении степени ослабления помехи зависит от крутизны скатов соответствующих характеристик. Чем они круче, тем меньше отличаются величины $K_п$ для различной степени ослабления сигнала помехи. Поэтому при оценке величины избирательности определяют значение коэффициента прямоугольности для заданной фиксированной расстройки, например 10 *кгц*. В таком случае для приемника с полосой $2\Delta f_{0,7}=8$ *кгц* при расстройке $\Delta f=10$ *кгц* $K_п=2\Delta f/2\Delta f_{0,7}=2,5$. Подобную величину $K_п$ гораздо труднее получить для случаев значительного ослабления мешающего сигнала. Если избирательность приемника невелика, нельзя использовать его высокую чувствительность, так как внешние помехи окажут на прием решающее действие (табл. 2). Если приемник имеет высокую избирательность, его чувствительность (при малых помехах) может быть увеличена, например, с помощью повышения усиления.

В специальных приемниках с очень большой избирательностью реализуемая чувствительность определяется собственными шумами. Исходя из уровня собственных шумов (без учета внешних помех), прием, при котором обеспечивается отношение сигнал/шум более 10, осуществляется только для тех радиостанций, которые создают на входных зажимах обычного радиовещательного приемника напряжение не менее 50 *мкв*.

Профессиональные приемники имеют значительно большую чувствительность (доли микровольт), но работают они со специальными антеннами и обеспечивают меньшее отношение сигнал/шум. По этим соображениям прием на менее чувствительный приемник в условиях сильных помех (особенно если приемник имеет достаточно высокую избирательность) может оказаться более уверенным. Поэтому при выборе схемы приемника, который должен будет работать в условиях помех, необходимо учесть ряд факторов. Усиление или ослабление

Таблица 3

Чувствительность, *мкв*				Уровень искажений	Побочные каналы приема
ДВ	СВ	КВ	УКВ		
1—100	5—100	20—100	40—200	Очень малый	—
1—20	2—20	5—30	5—50	Большой	—
2—5	2—5	5—30	5—50	Очень большой	—
0,2—1	0,5—1,5	0,5—1,5	2—10	Очень малый	Есть

влияния помех будет зависеть от чувствительности приемника, полосы пропускания, величины собственных шумов, стабильности работы и т. д. Предельные значения этих параметров, полученные на лучших образцах приемников различных типов, приведены в табл. 3.

Как следует из табл. 3, только супергетеродинные приемники могут обеспечить при наличии помех высокочувствительный прием с малыми искажениями и высокой избирательностью в узкой полосе пропускания. Заметим, что дальнейшее сужение полосы пропускания относительно просто осуществляется также только в супергетеродинных приемниках с помощью устройства АПЧ, которое позволяет дополнительно повысить помехозащищенность. Прочие типы приемников имеют значительно меньшую помехозащищенность. Исключение составляют лишь специальные приемники прямого усиления с фиксированной настройкой и малошумящими УВЧ (например, параметрическими); они могут иметь на 3—4 порядка большую чувствительность и значительно более узкую полосу пропускания, нежели перестраиваемые приемники прямого усиления, но их параметры все же уступают параметрам супергетеродина.

Из данных табл. 3 можно сделать вывод, что для успешного приема при наличии помех следует применять супергетеродинные приемники; в отдельных случаях возможно использовать многоконтурные приемники прямого усиления с фиксированной настройкой. Высокие параметры супергетеродинного приемника обеспечиваются главным образом за счет его основного фильтра — фильтра УПЧ, поэтому, занимаясь улучшением параметров своего приемника или создавая новый приемник, радиолюбители должны уделить основное внимание этому важнейшему узлу.

Рассмотрим пути создания высококачественных фильтров ПЧ. В современных радиоприемниках основной фильтр ПЧ представляет собой фильтр сосредоточенной селекции (ФСС), включенный на выходе преобразователя. Фильтры в последующих каскадах служат для согласования сопротивлений и получения дополнительной селекции. Тенденция к уменьшению числа колебательных контуров ярко проявляется в схемах современных транзисторных приемников, в которых часто после ФСС стоит апериодический транзисторный УПЧ. Вся избирательность приемника при этом определяется данными ФСС. Наиболее высокими параметрами обладают ФСС с кварцевыми резонаторами, затем следуют фильтры электромеханического типа, пьезокерамические фильтры и ФСС с *LC*-контурами.

Многорезонаторные узкополосные кварцевые фильтры из нескольких звеньев имеют очень низкие значения коэффициентов прямоугольности (близкие к единице), ослабляют сигналы соседних каналов на 65—70 *дб* и более, имеют небольшие потери в полосе пропускания (которая может устанавливаться при настройке). Подобные фильтры сложны. Они применяются в профессиональной аппаратуре. Примером относительно простого фильтра является фильтр, схема которого приведена на рис. 18. Для ее реализации необходимо иметь пять-шесть кварцевых пластин одной частоты. Кварцевые пластины дефицитны и не всегда доступны радиолюбителям, однако при наличии кварцев подобная схема может быть изготовлена в домашних условиях (ее настройка, отбор четырех кварцевых пластин, а в случае необходимости и их шлифовка, могут быть осуществлены только радиолюбителями, имеющими соответствующий опыт).

Схема на рис. 18 имеет в частном случае для кварцев на 2 *Мгц* полосу пропускания 2,5 *кгц*, центральную частоту 2 *Мгц*, затухание

вне полосы пропускания 60 *дб* при наличии некоторой неравномерности (до 10—12 *дб*). При наличии другого набора кварцевых пластин промежуточную частоту можно изменить, соответственно перестроив преобразователь и гетеродин, а также заграждающие фильтры на входе приемника.

Рис. 18. Схема кварцевого фильтра с четырьмя резонаторами.

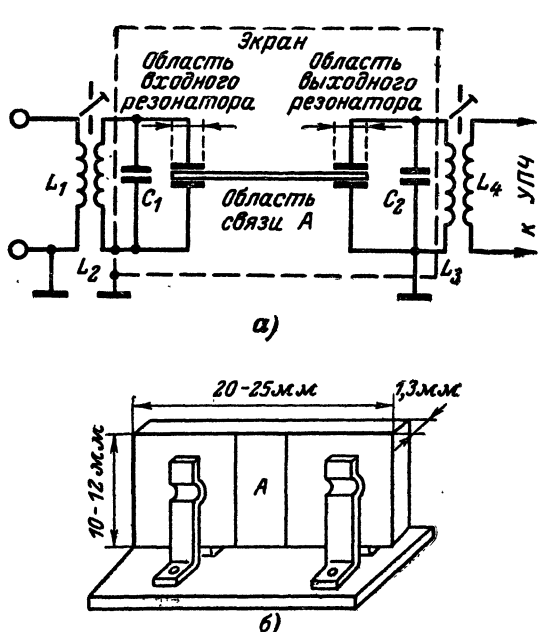


Рис. 19. Кварцевый полосовой фильтр.

Схемы с одной или двумя кварцевыми пластинами в мостиковом включении обеспечивают худшие параметры, поэтому при наличии в распоряжении радиолюбителя только одной кварцевой пластины с гальванически нанесенными электродами ее следует использовать в схеме, приведенной на рис. 19, *а*. Такая схема может быть реализована в домашних условиях и позволяет получить хорошие результа-

ты. Для этого в средней зоне резонатора необходимо вытравить часть серебряного покрытия в виде полосы шириной 6—7 *мм*, для того чтобы образовать область связи, как показано на рис. 19, *б* (для случая использования пластины 25×12 *мм* с толщиной 1,3 *мм*). Для травления кварц извлекают из держателя, покрывают быстросохнущим лаком участки будущих электродов и помещают пластину в раствор чистого хлорного железа на несколько секунд (минут при большой толщине покрытия). После травления кварцевую пластину промывают, сушат и протирают спиртом. Для подключения пластины изготовляют пружинки-держатели, как показано на рис. 19, *б*.

Входное напряжение вызывает механические колебания кварцевой пластины, распространяющиеся с затуханием от входного резонатора по области связи *А* до выходного резонатора, в котором эти слабые колебания вновь превращаются в электрические. Полоса пропускания подобных фильтров на частотах 3—30 *Мгц* соответствует 300 *гц* — 30 *кгц* и зависит от степени связи (взаимного положения электродов), как показано на рис. 19, *а*; потери в полосе пропускания составляют 1—6 *дб* Входное и выходное сопротивления для конкретных пластин 50 *ом* — 5 *ком*, поэтому их необходимо включать совместно с трансформаторами, предусмотрев отводы. Образец фильтра, изготовленного по данным рис. 19, *а* и *б*, с использованием кварца на частоту 1312,5 *кгц* имел резонансную частоту 1 325 *кгц* и полосу 3,5 *кгц*.

Значительное увеличение добротности фильтров возможно также для систем с механическими резонаторами в виде нескольких вибрирующих пластин, дисков или стержней, связанных специальными проволочными связками. Их добротность может составлять от 1—2 до 8—10 тыс. (сравните с высокой добротностью обычных контуров: 150—250). Фильтры имеют малые активные потери, низкие значения коэффициента прямоугольности (до 1,5) и обеспечивают ослабление сигналов соседних каналов на 60—70 *дб*. Изготовление таких фильтров в любительских условиях чрезвычайно затруднено, так как размеры пластин из термостабильного сплава выдерживаются с точностью до 2 *мкм*, а отдельные резонаторы систем настраиваются с точностью ±0,01% от номинальной частоты.

Пьезокерамические ФСС типов ПФ1П-1, ПФ1П-2 (рис. 20, *а*) и малогабаритные фильтры ФП1П-0,11—0,17 позволяют значительно улучшить характеристики УПЧ приемников без больших затрат времени и труда. Достоинства фильтров: заводская настройка, малые размеры (для ПФ1П — 11×24×37 *мм*, для ФП1П — диаметр 9,5, длина 9 или 19 *мм*) и вес (ПФ1П — 10 *г*, ФП1П — 2,5 и 5 *г*), стабильность характеристик, механическая прочность, дешевизна. Фильтры ПФ1П-1, ПФ1П-2 предназначены соответственно для приемников 1-го и 2-го, 3-го и 4-го классов, а ФП1П предназначены для малогабаритных конструкций.

Внутри корпусов фильтров размещены пьезокерамические элементы — диски из специальной керамики с посеребренными торцами. Часть дисков *I* на частоте 465 *кгц* работает как параллельные резонансные контуры с высокой добротностью (рис. 20, *б*), а другая часть *II* — как элементы связи — последовательные резонансные контуры с высокой добротностью. В результате чередования этих контуров их суммарная характеристика соответствует характеристике обычного ФСС из пяти-шести резонансных *LC*-контуров высокой добротности.

Путем замены одного или нескольких обычных трансформаторов

ПЧ пьезокерамическими фильтрами можно значительно повысить избирательность приемника и снизить его чувствительность к помехам со стороны соседних каналов. Обычно заменяется второй фильтр УПЧ, а первый и третий фильтры УПЧ оставляются прежними *LC*-фильтрами, они служат для согласования УПЧ со схемой преобразователя и детектора и обеспечивают лишь дополнительную селекцию сигнала. В схеме, приведенной на рис. 21, совместное действие всех фильтров обеспечивает избирательность по соседнему каналу более 50 *дб.*

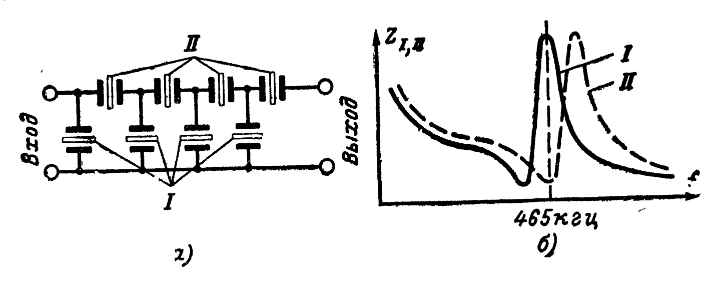


Рис. 20. Пьезокерамический полосовой фильтр.

Контур L_1C_1, шунтированный резистором R_1, настраивается на частоту 465 *кгц*, L_2 содержит в 1,5—2,5 раза меньше витков, чем L_1. При использовании стандартных малогабаритных броневых сердечников из феррита марки 600 НН L_1 имеет 70 витков, L_2 — 32—50 витков. На выходе фильтра включается согласующий резистор R_5. УПЧ должен иметь усиление более 500—1 000, чтобы компенсировать потери в фильтре, трансформаторах и обеспечивать необходимое усиление сигнала до детектора.

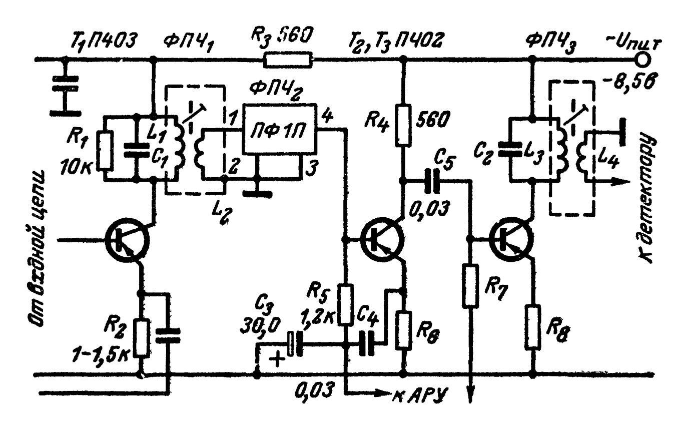


Рис. 21. Схема включения пьезокерамического фильтра в УПЧ приемника.

Таблица 4

Параметр	ПФ1П-1	ПФ1П-2	ФП1П—011	ФП1П—012	ФП1П—013
Средняя частота $f_{рез}$, *кгц*	465±2,5	465±2,5	465±2	465±2	465±2
Ширина полосы пропускания $2\Delta f$ на уровне 6 *дб*, *кгц*	6,5—10,0	8,5—12,5	$8{,}5^{+2}_{-1{,}5}$	$8{,}5^{+2}_{-1{,}5}$	11,5±2
Неравномерность затухания Δa в полосе пропускания, *дб*	⩽ 3	⩽ 3	⩽1	⩽2	⩽1
Вносимое затухание, *дб*	⩽12	⩽12	⩽4,5	⩽8,5	⩽4,5
Затухание при расстройке от средней частоты:					
на ±9 *кгц*	—	—	⩾12	⩾22	⩾9
на ±10 *кгц*	⩾41	⩾38	—	—	—
на ±20 *кгц*	⩾40	⩾38	—	—	—
Коэффициент прямоугольности $K_п$ не более 3 по уровням, *дб*	—	—	20/6	40/6	20/6
Нагрузочные сопротивления, *ом* (*ком*):					
входное	1 200±15%	1 200±15%	(2)	(2)	(2)
выходное	680±15%	680±15%	(1)	(1)	(1)

Такое усиление может быть получено в простых апериодических транзисторных усилителях с непосредственными связями транзисторов. Подобные усилители в переносных приемниках упрощают конструкцию УПЧ, а малые размеры усилителя и фильтра позволяют упростить конструкцию всего приемника и снизить его габариты и вес. Для сравнения укажем, что объем УПЧ современного транзисторного приемника составляет малые доли объема только одного трансформатора УПЧ лампового приемника устаревшего типа, в котором применялись два-три каскада УПЧ с двумя-тремя трансформаторами-фильтрами, причем в последних происходили значительно бо́льшие потери сигнала.

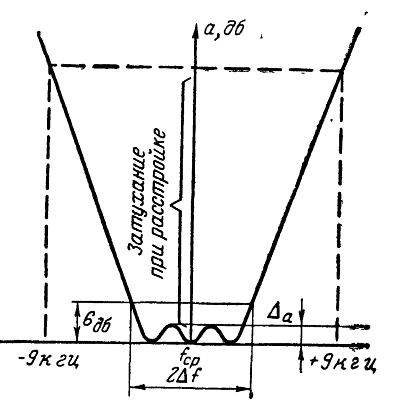


Рис. 22. Характеристика затухания, вносимого пьезокерамическим фильтром при расстройке (к данным табл. 4).

Пьезокерамические фильтры характеризуются величиной затухания при расстройке на 10 (а некоторые на 9) *кгц*, шириной полосы пропускания на уровне 6 *дб*, величиной неравномерности затухания в полосе пропускания (рис. 22) и рядом других параметров (табл. 4). Рассматриваемые фильтры обладают относительно малым коэффициентом $К_{п}$, имеют небольшие входные и выходные сопротивления. Подобные фильтры хорошо согласуются с транзисторами. Фильтры ФП1П-011 (ФП1П-013) имеют малые массу и размеры.

Пьезокерамические фильтры, соединенные последовательно, можно использовать для получения большего затухания помехи. Два фильтра типа ФП1П-011 (013), соединенные последовательно (выход первого шунтируется конденсатором небольшой емкости), заменяют один фильтр типа ФП1П-012. Пьезокерамические фильтры можно применять и в ламповых приемниках с промежуточной частотой 465 *кгц*, заменяя ими трансформаторы УПЧ.

Более квалифицированные радиолюбители могут модернизировать каскады УПЧ ламповых приемников, используя в них более сложные фильтры типа ПФ1П-1; необходимо при этом учитывать разницу сопротивлений обычных трансформаторов УПЧ и пьезофильтров. Так как сопротивление нагрузок обычных ламп примерно равно 50 *ком*, то для согласования ламп с фильтрами типа ПФ1П, имеющими низкие сопротивления — 0,68—1,2 *ком*, необходимо применять трансформаторы УПЧ (желательно с отводами для подбора нужной связи) или применять в каскаде УПЧ лампово-транзисторную схему на нувисторе типа 6С52Н и транзисторе типа ГТ108Г, хорошо сопрягаемую с фильтром и обеспечивающую высокое усиление до 70 *дб*. На выходе фильтра можно включать повышающий трансформатор УПЧ, так как выходное сопротивление пьезокерамического фильтра мало, а входное сопротивление лампового каскада велико. Трансформатор несколько компенсирует снижение усиления за счет потерь в фильтре.

Таблица 5

Схемы УПЧ		Ослабление на частоте настройки		$K_п$ для числа каскадов					
		Число раз	дб	1	2	3	4	5	6
С одноконтурными фильтрами		10	20	10	4,8	3,75	3,4	3,2	3,1
		100	40	100	16	9	7	6,1	5,6
		1 000	60	1 000	49	20	13	10	8,6
С двумя связанными контурами (с трансформаторами УПЧ)	при критической связи	10	20	3,2	2,2	1,95	1,85	1,8	1,76
		100	40	10	4	3	2,7	2,5	2,4
		1 000	60	32	7	4,4	3,6	3,2	3,0
	при максимальной связи	10	20	2,32	1,67	1,54	1,48	1,45	1,43
		100	40	7,1	2,9	2,2	2,0	1,85	1,8
		1 000	60	22	5,5	3,2	2,6	2,4	2,2
С фильтрами сосредоточенной избирательности (ФСС) при числе контуров	4	10	20						
		100	40	2,2	1,3				
		1 000	60	3,7	1,7				
	5	10	20						
		100	40	1,8	1,2				
		1 000	60	2,7	1,5				
	6	10	20						
		100	40	1,5	1,15				
		1 000	60	2,2	1,3				

Применяя два последовательно соединенных друг с другом фильтра типа ПФ1П (для улучшения согласования выводы 3 и 4 первого фильтра соединяют соответственно с выводами 3 и 4 второго фильтра) и одновременно поднимая усиление активных элементов УПЧ, можно добиться очень высокой фильтрации сигналов.

Применение ФСС на LC-контурах доступно большинству радиолюбителей. Ферритовые сердечники для LC-контуров, из которых собираются ФСС, и сами контуры имеются в продаже. Для оценки примерной величины избирательности некоторого приемника и необ-

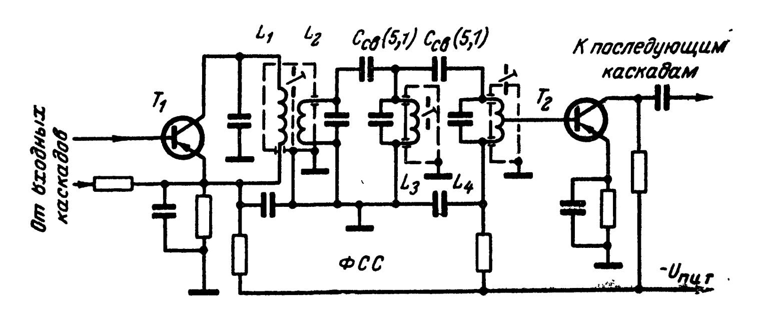


Рис. 23. Схема ФСС на трех LC-контурах.

ходимости той или иной его модернизации (например, переделки УПЧ) в табл. 5 приведены значения коэффициентов $K_п$ для УПЧ разных типов с LC-контурами средней добротности.

Если приемник имеет два каскада УПЧ с обычными трансформаторами, его избирательность равна 26 *дб* при $K_п=2{,}5$ (данные получены аппроксимацией величин, приведенных в табл. 5 при ослаблениях 20 и 40 *дб*). Взяв данные о величине избирательности приемника из табл. 4 и 5, можно определить тип и количество необходимых фильтров и число каскадов УПЧ, т. е. определить степень усложнения схемы приемника для повышения его избирательности.

Необходимо помнить, что основную избирательность обеспечивает ФСС. Дополнительное ослабление сигнала соседнего канала дает контур в цепи транзистора с нагрузкой в виде детектора (на 2—3 *дб*).

На рис. 23 приведена схема трехконтурного ФСС. Параметров таких простых схем в табл. 5 нет, их также можно получить аппроксимацией данных для более сложных ФСС. Избирательность ФСС такой схемы примерно равна 30—32 *дб*, а с учетом влияния контура детекторного каскада 33—35 *дб*. При модернизации подобных приемников в их схемы целесообразно ввести фильтры пьезокерамического типа.

При большом количестве контуров в УПЧ для компенсации потерь в них (как и в УВЧ) необходимо повышать усиление. Небольшое увеличение усиления осуществляется обычно включением составных транзисторов вместо обычных. Для значительного повышения усиления нужно вводить дополнительный транзисторный каскад. Повышение усиления при несоблюдении ряда условий может привести к появлению искажений в УПЧ при усилении сильных сигналов местных станций. Поэтому в более сложных приемниках с повышенной

избирательностью желательно иметь отдельную ручку регулировки усиления УПЧ. Может оказаться полезной и дополнительная цепь коммутации схемы, исключающая при приеме сигналов местной станции бо̀льшую часть каскадов УПЧ. В схемах для местного приема ФСС заменяют одним трансформатором УПЧ, оставляя в цепи нагрузки один каскад УПЧ с детектором.

Приступая к переделке приемника для улучшения его работы в условиях помех, радиолюбитель должен учитывать следующие данные: одиночный колебательный контур с добротностью $Q_э = 47$ при полосе пропускания $2\Delta f_{0,7} \approx 10$ *кгц* создает избирательность 7 *дб* (ослабление сигнала соседнего канала в 2,25 раза); двухконтурный полосовой фильтр при $Q_э \approx 65$ (стандартный трансформатор УПЧ большинства устаревших ламповых приемников) обеспечивает избирательность в 11 *дб* (3,55 раза). При $Q_э = 180$, связи больше критической (когда характеристика фильтра представляет двугорбую кривую) и полосе пропускания $2\Delta f_{0,7} \approx 10$ *кгц* избирательность примерно равна 15 *дб*. Из сказанного следует, что достаточную даже далеко не для всех случаев борьбы с помехами от соседних по частоте станций избирательность могут обеспечить ламповые приемники устаревших типов (без ФСС в УПЧ) только с двумя усилительными каскадами УПЧ и тремя трансформаторами.

Для сведения приводятся также следующие данные. Добротность контуров на картонных каркасах без сердечников (намотанных внавал одножильным проводом) примерно равна 20—30, а намотанных литцендратом (многожильным высокочастотным проводом) увеличивается до 30—50. Добротность контуров с магнитодиэлектрическим сердечником увеличивается до 80—100, а с замкнутой магнитной цепью (с броневым ферритовым сердечником) — до 100—220. На повышенных частотах (до 5 *Мгц* и более) контуры с добротностью до 170—180 и выше можно изготовить на карбонильных сердечниках типа СБ и карбонильных кольцах. Заметим, что характеристики контуров на основе ферритового сердечника менее стабильны во времени, эти контуры чувствительны к внешним магнитным полям.

3. Уменьшение влияния помех, проникающих в приемник по побочным каналам

Нежелательным свойством супергетеродинного приемника является наличие побочных (внеполосных) каналов приема различных помех. В первую очередь среди таких каналов обычно выделяют зеркальный. Этот канал существует за счет симметрии принимаемых частот относительно частоты гетеродина. При определенной настройке гетеродина зеркальная частота отстоит от принимаемой на удвоенное значение промежуточной частоты, поэтому данный канал для проникновения помех наиболее «опасен» на высокочастотных участках коротковолновых диапазонов, на которых скаты резонансных характеристик более пологи, а разница частот, равная удвоенному значению промежуточной частоты $f_{пр}$, становится малой по отношению к частоте настройки гетеродина. Например, для частоты сигнала $f_с = 12$ *Мгц* частота гетеродина $f_г = 12\,465$ *кгц*; помеха с частотой $f_п = 11\,535$ *кгц* создает на выходе преобразователя мешающий сигнал с частотой $f_{пр} = 465$ *кгц*.

При настройке в КВ диапазонах основной и зеркальный сигналы часто путают, поэтому для избежания ошибки существует правило:

за верную настройку принимать из двух настроек гетеродина ту, которая получается при меньшей емкости его контура (или меньшей индуктивности). Рассуждения о «зеркальной» помехе не относятся к какой-либо определенной частоте (участку шкалы настройки), так как при настройке на любую станцию с несущей $f_с$ может оказаться, что на частоте $f_с+2f_{пр}$ существует станция, воздействие которой приведет к появлению помехи на выходе приемника Ослабление зеркальной помехи осуществляется только контурами, настроенными на частоту сигнала, т. е. входными цепями и цепями УВЧ приемника.

Процесс подавления зеркальных помех затруднен. Так, например, увеличение избирательности на частоте сигнала ведет к необходимости увеличения количества перестраиваемых контуров на входе приемника. Это увеличение требует усложнения блока переменных конденсаторов настройки. Рост затухания сигнала с увеличением потерь в данных контурах приводит к необходимости ввода УВЧ. Увеличение добротности контуров и их количества приводит к обострению резонансной характеристики приемника, особенно резко проявляющейся в диапазоне ДВ и частично СВ, и, следовательно, к появлению частотных искажений. Кроме того, сужение полосы пропускания на частотах сигнала вызывает значительные трудности при сопряжении настроек входных контуров и гетеродина. Поэтому ширина полосы пропускания входных цепей и УВЧ не должна быть у́же ширины спектра сигнала.

С другой стороны, снижение добротности контуров облегчает процесс сопряжения, исключает возможность частотных искажений, но приводит к появлению зеркальных помех. В качестве компромиссного решения обычно используют переход к двухконтурным входным цепям, обеспечивающим достаточно большую крутизну скатов резонансной характеристики и одновременно относительно большую ширину полосы пропускания на частоте сигнала. Необходимые пределы величин добротности контуров большинстве случаев тщательно рассчитываются при проектировании приемников с заданным ослаблением зеркальной помехи. Однако можно принять выработанные практикой рекомендации.

Примером простой и достаточно эффективной для ослабления влияния помех входной цепи может быть схема первого каскада автомобильного приемника АТ-64. Избирательность по соседнему каналу ($\geqslant 30$ *дб*) обеспечивает в этом приемнике ФСС из трех одиночных контуров, а избирательность по зеркальному каналу (не менее 40 *дб*) обеспечивается на длинных волнах обычным параллельным контуром с двумя последовательно включенными катушками индуктивности, непосредственно связанным с антенной. На средних волнах для повышения избирательности по зеркальному каналу эти катушки индуктивности включаются переключателем в П-образную схему совместно с двумя конденсаторами: П-образный контур на основе аналогичной по величине индуктивности включен также на входе преобразователя. Для ослабления сигнала на частоте 465 *кгц* в цепь коллектора транзистора УВЧ включен отсасывающий (последовательный) контур.

Достаточное ослабление зеркального канала в диапазонах ДВ и СВ можно получить, применяя в приемнике двухконтурную входную цепь. Собственная добротность контуров при этом должна быть по возможности максимально достижимой в радиолюбительских условиях, так как она снижается при включении контуров в реальные схемы на лампах в 1,2—1,3 раза и на транзисторах — до 1,5—2

и более раз. Таким образом, в диапазонах ДВ и СВ (в приемниках без УВЧ) необходимо применять строенные блоки переменных конденсаторов. В приемниках с апериодическим УВЧ также можно применять такие блоки, но приемники с резонансным УВЧ должны строиться на базе счетверенных конденсаторов. Подобные блоки относительно просто выполняются из двух спаренных конденсаторов, которые приводятся в движение общим тросиком при помощи одной ручки настройки. Один из простых способов объединения блоков сводится к объединению осей блоков металлической скобой.

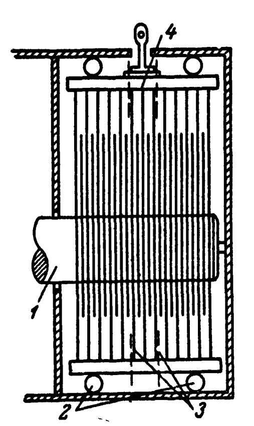


Рис. 24. Схема переделки секции блока переменных конденсаторов.

1 — ротор; *2* — изоляторы; *3* — удаляемые пластины; *4* — удаляемая часть перемычки.

В диапазонах КВ положение осложняется необходимостью получения максимальной добротности контуров. Она обеспечивается уменьшением собственной емкости катушек контуров и ростом их индуктивности (конечно, при соблюдении известных условий, касающихся снижения их сопротивления, уменьшения потерь в проводах, сердечнике, применения оптимального конденсатора и т. п.). Поэтому в КВ диапазонах целесообразно использовать блоки конденсаторов с меньшими емкостями секций. Такое решение применяется промышленностью сравнительно редко, так как требует наличия в приемнике двух блоков или блока с удвоенным количеством секций, часть из которых имеет меньшую емкость. Примером могут являться блоки сдвоенных конденсаторов настройки из обычных и специальных секций (блоки УКВ-Е).

Изготовить КВ блоки можно из обычных распространенных строенных конденсаторов путем удаления части центральных пластин неподвижных секций и нарушения электрической связи между половинами каждой неподвижной секции, при этом в пропил вводятся капли полистиролового клея «ПС» (рис. 24). После переделки из строенного блока конденсаторов (емкостью секций 460—500 *пф*) получается блок из шести конденсаторов переменной емкости (150—200 *пф* в секции). На этом блоке можно создать как простой приемник КВ диапазона, так и приемник с максимально усложненным ВЧ трактом, с двухконтурной входной цепью и двумя резонансными каскадами УВЧ с трансформаторной связью каскадов (по типу УПЧ). Подобное решение позволяет значительно повысить помехозащищенность приемника по зеркальному каналу и каналу проникновения помех на частотах, близких к промежуточной. Однако это можно реализовать только при наличии определенных навыков, опыта работы.

Заметим, что переделать можно только те блоки, каждая неподвижная секция которых укреплена на четырех изоляторах, симметричных относительно вертикальной оси секции, как, например, у блоков от приемников «Фестиваль», «Сакта». Кроме того, когда конденсаторы входят в состав контуров в разных каскадах, от вновь созданнных подвижных секций блока необходимо сделать дополнительные заземляющие отводы из гибких изолированных проводников.

Применение самостоятельных блоков настройки для отдельных групп диапазонов или даже для каждого диапазона усложняет приемник, но обеспечивает повышение добротности контуров, облегчает решение ряда других проблем (например, сопряжения контуров, растягивания диапазонов). Ослабление помех по зеркальному каналу в приемнике, содержащем УВЧ в диапазонах ДВ и СВ, осуществляется обычно в сотни раз, а в диапазоне КВ — в 10—20 раз. В приемниках без усилителя высокой частоты эти показатели соответственно ниже.

Одновременно с подавлением зеркального канала контуры ВЧ обеспечивают подавление сигналов с частотой, близкой к промежуточной. Легко видеть, что группа ВЧ контуров играет роль фильтра для этой частоты до тех пор, пока частота их настройки относительно «далека» от значения $f_{пр}=465$ *кгц*. На высокочастотном конце диапазона ДВ (408 *кгц*) и низкочастотном конце диапазона СВ (515 *кгц*) упомянутая фильтрация может оказаться недостаточной, причем даже незначительное просачивание напряжений помех на частоте УПЧ приводит к весьма нежелательному их усилению в этом тракте. Ослабление помех на частотах, близких к промежуточной, будет увеличиваться с ростом добротности контуров и увеличением их количества.

Если приемник не имеет УВЧ и при его настройке используется только сдвоенный конденсатор и один контур во входной цепи или строенный конденсатор и двухконтурная входная цепь с контурами недостаточно высокой добротности, то для увеличения затухания сигналов помех на частоте настройки УПЧ во входную цепь простых приемников вводят дополнительный контур — фильтр, называемый иногда фильтром-пробкой.

Если параллельный контур данного фильтра имеет высокую добротность, он вносит дополнительное затухание порядка 10—15 *дб*, что является достаточным для простых приемников, которые имеют пониженную чувствительность. Такой параллельный контур можно выключать при работе в бóльшей части диапазонов. Для приемников с усложненной входной цепью подобный фильтр обязателен. Если нельзя установить дополнительную ручку управления для выключения фильтра, его цепь можно коммутировать дополнительным шнуром с вилкой-штекером, как показано на рис. 25. В высококачественных приемниках в цепи УВЧ и преобразователя включают два режекторных контура.

Здесь не приводятся расчеты, необходимые для оценки предполагаемых результатов той или иной модернизации схемы, ее усовершенствования. Для многих радиолюбителей значительно проще использовать данные простых экспериментов, для проведения которых требуются относительно несложные приборы; эти приборы могут быть выполнены без больших затрат труда. Для настройки большинства схем, приведенных в пре-

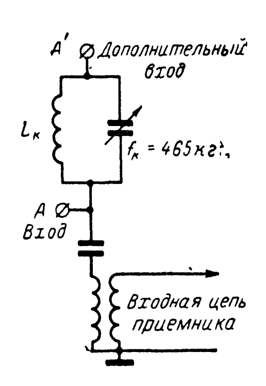


Рис. 25. Схема включения заградительного фильтра. Антенна переключается вручную с основного входа на дополнительный.

дыдущем параграфе, был необходим лишь ГИР или генератор сигнала с удобной шкалой (с многими точными делениями) и верньером и высокоомный прибор (катодный повторитель с детектором и микроамперметром). Для проверки качества работы сложных приемников необходим стабильно работающий генератор с малым уровнем гармоник и аттенюатором. Схемы таких генераторов проще выполнить на лампах; они должны быть тщательно изготовлены и экранированы; их питание стабилизируют.

Самодельный стабильный генератор с малым уровнем гармоник может быть выполнен по схеме гетеродина (рис. 26), в котором контур слабо связан с лампой. Более сложно выполнить генератор с до-

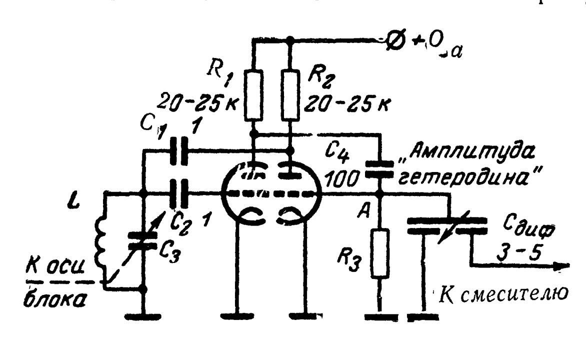


Рис. 26. Схема простого генератора (гетеродина) с малым уровнем гармоник. (Сетка левого периода соединяется с шасси через высокоомный резистор.)

полнительным контуром или даже с резонансным буферным каскадом (усилителем мощности); для этой цели генератор должен содержать сдвоенный блок конденсаторов. При работе генератора с усилителем будет наблюдаться несколько бóльшая нестабильность уровня несущей, но уровень гармоник в нем можно значительно снизить.

Применение простых транзисторных генераторов сигналов не может обеспечить низкого уровня гармоник, особенно при недостаточно тщательной настройке его без приборов. При изготовлении генератора сигналов желательно предусмотреть не только переключение (смену) катушек индуктивности, но и коммутацию части секций конденсатора настройки переменной емкости. Это позволит растягивать поддиапазоны его частот.

Проверка качества подавления зеркального канала производится так. Аттенюатор генератора соединяется экранированным кабелем со входом приемника (или кабелем снижения, с учетом его волнового сопротивления) и настраивается на частоту принимаемого сигнала в «худших», т. е. более высокочастотных участках диапазонов. Измеряется выходное напряжение по индикатору, подключенному к выходу цепи детектора приемника. Затем генератор перестраивается на значение удвоенной промежуточной частоты; его сигнал увеличивается с помощью аттенюатора и регулятора амплитуды до получения прежнего значения выходного напряжения на индикаторе. Разница соответствующих затуханий аттенюатора покажет величину подавления зеркальной помехи.

При создании приемников для работы в условиях помех необходимо ориентироваться на величину степени подавления помех, соответствующую данным приемников высшего и первого классов; необходимо помнить, что для этих классов подавление зеркального канала оценивается величинами 60 и 50, 26 и 46, 26 и 14 *дб* соответственно для ДВ, СВ и КВ, а ослабление сигналов с частотой $f_{\text{пр}}$ для указанных классов соответственно равно 40 и 34 *дб*. Проверка этого параметра производится аналогичным образом, причем одновременно

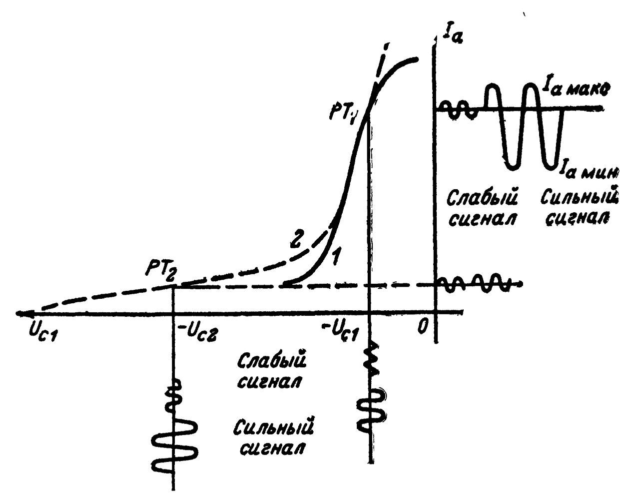


Рис. 27. Характеристики электронных ламп.

1 — обычного пентода; *2* — лампы типа «варимю» с удлиненной сеточной характеристикой.

оценивается затухание, вносимое фильтром-пробкой или режекторными контурами.

Ввод УВЧ в приемник для компенсации затухания сигнала в усложненных входных цепях сопровождается появлением нелинейных и перекрестных искажений. Они вызваны тем, что на вход приемника поступают сигналы разного уровня от нескольких микровольт до нескольких вольт, а также тем, что активные элементы УВЧ (лампы и транзисторы) существенно нелинейны.

Если лампа УВЧ имеет укороченную характеристику (кривая *1* на рис. 27), а ее рабочая точка *PT* фиксирована, сильные сигналы будут искажаться. Искажения уменьшатся, если лампа будет иметь характеристику специальной формы (простирающуюся в область больших отрицательных смещений), а рабочая точка с помощью схемы АРУ будет автоматически смещаться влево при приходе сильных сигналов. Характеристика такой лампы (типа «варимю») изображена пунктиром на том же рис. 27. Значения крутизны у нее изменяются до единиц миллиампер на вольт до десятков микроампер на вольт. Подобные характеристики имеют и полевые транзисторы, их применение в УВЧ также позволяет снизить нелинейные искажения.

Обычно на входе приемника присутствует сумма сигналов сложной формы, поэтому отдельные их составляющие, а также напряжения помех взаимодействуют между собой (модулируют друг друга), образуя на выходе приемника различные комбинационные частоты в виде суммы и разности отдельных составляющих сигналов.

Паразитная модуляция может происходить и под влиянием внешних факторов: например, при очень плохой фильтрации анодного напряжения его пульсации изменяют крутизну лампы и на выходе приемника появляются фон и различные хрипы. Это явление называется вторичной модуляцией. При ней степень искажений, хрипов зависит от фактора, изменяющего крутизну, и не зависит от амплитуды приходящих на вход приемника сигналов.

Рассмотрим теперь перекрестные искажения. Предположим, что на сетке лампы каскада УВЧ одновременно присутствуют два напряжения: сигнала и мощной помехи, удаленной по частоте от сигнала и без него не прослушиваемой. Мощная помеха, не оказывая прямого действия на преобразователь, влияет на работу УВЧ, так как смещает рабочую точку лампы Поэтому полезный сигнал модулируется помехой, т. е. сигнал мешающей станции модулирует несущую частоту принимаемой (полезной) станции. Модуляция помехи как бы пересаживается на другую несущую. Легко видеть, что повышение избирательности всех последующих трактов (УВЧ и УПЧ) не может устранить появившуюся помеху.

Для ослабления перекрестных искажений необходимо всячески ослаблять мешающие сигналы до первого нелинейного элемента схемы (до лампы или транзистора) — это осуществляют входные цепи приемников, применять для целей усиления напряжений сигнала лампы и транзисторы с соответствующими характеристиками, а также тщательно подбирать режимы работы активных элементов для ослабления данного нежелательного явления. Смысл последнего замечания можно пояснить так. Если последовательно один за другим включены два каскада УВЧ с одинаковыми нелинейными свойствами, то перекрестные искажения первого каскада будут играть роль помехи во втором каскаде и на выходе УВЧ будут присутствовать более значительные мешающие напряжения. Двухкаскадные УВЧ (для большинства случаев радиолюбительской практики это предельное число каскадов) должны строиться так, чтобы их усиление не было чрезмерно большим и было в основном сосредоточено в первом каскаде. Усиление второго каскада УВЧ должно равняться 25—35% усиления первого.

Перекрестные искажения значительно уменьшаются тогда, когда форма характеристики крутизны активного элемента такова, что изменение положения рабочей точки не приводит к значительному изменению характера усиления (например, у ламп типа «варимю», полевых транзисторов). В режиме максимальной крутизны (при напряжении затвора $U_з=0$) уровень перекрестных искажений (модуляции) транзистора типа КП102 равен 4 % при напряжении помехи на входе усилителя, приблизительно равном 200 *мв*. Для обычного транзистора такой уровень помехи вызывает значительно более сильные искажения. Дополнительный подбор напряжения затвора $U_з$ позволяет еще более снизить искажения,. Тот же уровень искажений (4 %) может возникнуть при напряжении помехи, примерно равном 1,2 *в*.

Так как перекрестные и комбинационные искажения резко возрастают при превышении сигналами или помехами определенного

уровня, желательно иметь на входе приемника аттенюатор, а в схеме УВЧ — регулятор усиления. Аттенюатор на входе одновременно ослабляет чрезмерно сильные сигналы и помехи, а регулятор усиления УВЧ способствует выбору рабочего режима, при котором искажения относительно невелики.

Рассматриваемые искажения также возникают в ламповых и в транзисторных преобразовательных каскадах, так как для преобразования необходима нелинейность характеристик их активных элементов. Преобразование эффективно только тогда, когда $U_с \ll U_{гет}$, причем коэффициент нелинейных искажений возрастает прямо пропорционально квадрату амплитуды напряжения приходящего полезного сигнала, его коэффициенту модуляции и зависит от режима преобразовательного каскада, тщательности его настройки. Для процесса преобразования частот специфическим моментом является возникновение различных свистов. Они появляются в результате взаимодействия одной или нескольких составляющих сигнала с напряжением гетеродина и его гармониками, причем на выходе преобразователя возникают частоты, попадающие в полосу пропускания УПЧ и значительно усиливающиеся в нем. Интерференционные свисты возникают при соблюдении условия $\pm p f_{гет} \pm q f_с \approx f_{пр}$, где p и q — любые целые положительные числа. Например, когда приемник настроен на частоту 1 395 *кгц*, частота гетеродина равна 1 395+465 = 1 860 *кгц*, вторая гармоника гетеродина в этом случае равна 3 720 *кгц*, а утроенная частота принимаемой станции будет 4 185 *кгц*.

Если на этой частоте работает некоторая мешающая станция (источник помех), то ее колебания создадут со второй гармоникой гетеродина биения на частоте 4 185—3 720 = 465 *кгц* и при любых отклонениях упомянутых частот (например, при несоблюдении установленных норм стабильности частот соседних с принимаемой станций) на выходе приемника появится характерный свист. Интенсивность подобных свистов и помех уменьшается при улучшении фильтрации сигналов во входных цепях и уменьшении амплитуды напряжения гетеродина, а также при уменьшении амплитуд гармоник этого напряжения. Для ослабления свистов необходимо правильно выбирать режим работы преобразователя и гетеродина, а также каскадов УВЧ, снижать уровни гармоник напряжения гетеродина, стремиться к тому, чтобы напряжение сигнала не превышало предельно допустимых величин.

Эффективное снижение амплитуд гармоник достигается применением двухтактных схем гетеродинов на маломощных двойных триодах. В качестве примеров подобных схем могут быть взяты схемы некоторых измерительных генераторов и схемы двухтактных генераторов тока подмагничивания, применяемых в высококачественных магнитофонах. К недостаткам таких схем относятся: повышенная сложность, необходимость усиленного экранирования (они обычно имеют увеличенную мощность). К преимуществам двухтактных гетеродинов, кроме лучшей формы выходного напряжения, относятся более высокая стабильность работы и возможность лучшей развязки с нагрузкой — преобразовательным каскадом, с помощью аттенюатора.

Существуют и более простые методы снижения уровня гармоник. Так как рассматриваемые паразитные комбинационные частоты могут возникнуть только при взаимодействии мешающих напряжений и помех с гармониками напряжения гетеродина, для снижения уровня помех можно несколько понизить напряжение гетеродина, подво-

димое к преобразователю. При этом понизится и напряжение полезного сигнала, однако даже незначительное уменьшение амплитуды гетеродина в некоторых режимах его работы может значительно уменьшить амплитуды отдельных гармоник и тем ослабить интенсивность различных свистов. Если в приемнике имеются ручки регулировки интенсивности входного сигнала, регулировки усиления УВЧ, изменения амплитуды напряжения гетеродина, можно частично ослабить воздействие на приемник помех разных видов, а также снизить вероятность возникновения мешающих сигналов в нелинейных элементах самого приемника.

Увеличение количества органов регулировки приемников с этой целью оправдано. Например, при наличии ручки регулировки амплитуды гетеродина можно не беспокоиться о стабильности ее по диапазону (и при смене диапазонов); причина изменения амплитуды гетеродина обычно заключается в изменении добротности контура гетеродина при изменении частоты, а также в изменении крутизны активного элемента схемы гетеродина.

Ручку потенциометра аттенюатора, или специального дифференциального конденсатора регулировки напряжения гетеродина (рис. 26) следует выводить на переднюю панель с помощью оси из диэлектрика, для того чтобы не увеличивать емкость монтажа схемы и не вводить длинных цепей для подсоединения регулятора к деталям гетеродина. Эта задача решается легче при отдельном гетеродине как в ламповых, так и в транзисторных приемниках. В последних отдельный гетеродин способствует улучшению работы смесителя, так как требования к режимам указанных узлов противоречивы: смеситель лучше работает при небольших токах коллектора, а гетеродин — при сравнительно больших. Поэтому схема с отдельным и даже регулируемым гетеродином будет более стабильной в работе.

Так как при изменении амплитуды гетеродина с помощью регулятора возможны некоторые изменения его режима, частота гетеродина может незначительно изменяться. Для компенсации этого явления иногда можно воспользоваться небольшим подстроечным конденсатором контура гетеродина с выведенной на переднюю панель приемника ручкой управления С помощью такого конденсатора, как будет показано далее, может также производиться некоторая отстройка от помех на частотах, близких к частоте принимаемой станции.

Рассмотрим теперь некоторые вопросы практики оценки ослабления помех при приеме. Относительный уровень комбинационных помех (свистов) можно оценить с помощью генератора сигналов с небольшим уровнем гармоник и аттенюатором, подключив его экранированным кабелем к входу приемника, предварительно настроенного на определенную частоту и имеющего индикатор на выходе. Плавно изменяя настройку генератора во всем диапазоне несколько раз и одновременно постепенно увеличивая напряжение на выходе генератора относительно некоторого начального уровня (на частоте настройки приемника), можно отметить появление выходного сигнала ранее установленного уровня $U_{вых}$ на других частотах. Чем выше разность напряжений на выходе аттенюатора генератора (при $U_{вых}=\mathrm{const}$), тем лучше настроен приемник и тем выше его помехозащищенность. Подобная проверка должна быть повторена на различных настройках приемника. Особое внимание следует обратить на области частот, близких к $2f_{пр}$, $3f_{пр}$ и т. д. Хорошо отрегулиро-

ванный приемник будет иметь незначительные свисты на всех частотах, лежащих вне полосы пропускания $2\Delta f$.

Таким же способом проверяются необходимость и эффективность снижения амплитуды гетеродина. Относительно просто ввести регулировку амплитуды гетеродина в ламповых приемниках с односеточным преобразователем на современном пентоде с большой крутизной (например, на лампе 6Ж52П с величиной крутизны $S=55$ *ма/в*). В таких преобразователях крутизна преобразования $S_{\text{пр}}$ равна при-

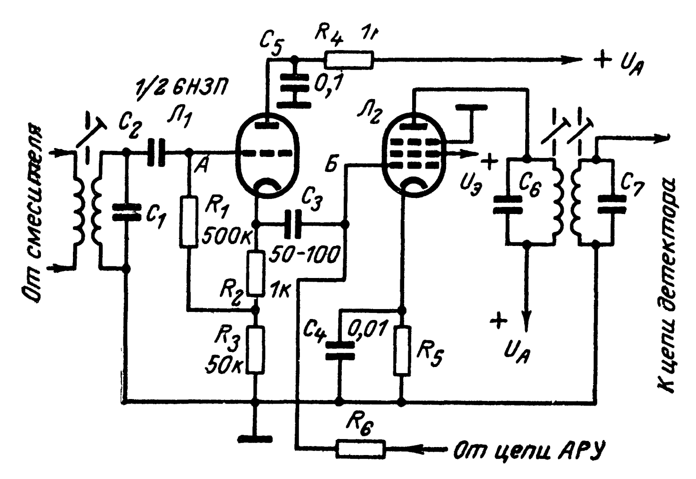


Рис. 28. Схема стабилизации усилительного каскада с помощью дополнительной лампы, включенной по схеме катодного повторителя.

мерно 13 *ма/в* (преобразователь обеспечивает значительное усиление), поэтому напряжение гетеродина может быть небольшим и гетеродин соединяется с преобразователем конденсатором емкостью 0,5—2 *пф*, который легко выполнить переменным и дифференциальным (рис. 26), причем незначительное изменение емкости этого конденсатора при регулировке практически не скажется на настройке основных контуров.

При модернизации устаревших типов ламповых приемников их чувствительность можно увеличить, введя УВЧ на полевом транзисторе и вмонтировав его в отсек входных контуров. При этом избирательность можно увеличить следующим образом. Для исключения провалов частотной характеристики на центральной частоте фильтры приемников настраивают при весьма слабой связи контуров трансформаторов УПЧ (1—3 %), поэтому коэффициент их прямоугольности оказывается достаточно большим. С целью понижения величины $K_{\text{п}}$ необходимо увеличить связь между контурами в трансформаторах УПЧ и сделать ее выше критической. При этом резонансные характеристики становятся двугорбыми. Коэффициент передачи увеличивается, а коэффициент прямоугольности УПЧ понижается.

Для компенсации неравномерности характеристики контуров нужно определить точные частоты образовавшихся провалов и на-

строить на них дополнительные контуры, обладающие высокой добротностью (на высококачественных сердечниках типа СБ), включенные в УПЧ как элементы ФСС. При введении дополнительных контуров в тракт УПЧ необходимо обеспечить их развязку от контуров трансформаторов с помощью слабой связи и экранирование, а также предусмотреть небольшое повышение коэффициента усиления каскадов УПЧ.

При использовании в каскадах УПЧ (фильтрах ФСС) контуров с большой добротностью следует учитывать возможность возбуждений. Эта возможность тем выше, чем выше крутизна характеристики лампы или ее проходная емкость. Снижать добротность контуров или применять отрицательную обратную связь нежелательно, так как при этом падает усиление каскада и расширяется полоса. В случаях появления возбуждения целесообразно несколько усложнить схему: ввести в каскад УПЧ катодный повторитель, как показано на рис. 28. Катодный повторитель на триоде не усиливает сигнала; он служит элементом развязки входной и выходной цепей, т. е. устраняет паразитные связи, через которые обычно замыкается цепь возбуждения каскада. Такую схему (рис. 28) удобно применять в случаях модернизации приемников устаревших типов, когда на месте удаляемой панельки металлической лампы можно установить две панельки для пальчиковых ламп (возможно применение комбинированной лампы типа триод — пентод). Даже с учетом уменьшения коэффициента передачи за счет включения катодного повторителя эта схема при использовании контуров с высокой добротностью может обеспечить более высокое и стабильное усиление сигнала.

4. Ограничители. Умножители добротности. Конвертеры. Поиск основных помех

Ослабления влияния помех можно добиться также, применяя специальные схемы детекторов и ограничителей. Их целесообразно использовать в сельских условиях, когда основными помехами являются атмосферные, имеющие характер импульсов с относительно небольшой частотой повторения. Такие схемы могут существенно повысить качество приема в диапазонах СВ и ДВ. Одна из первых подобных схем (рис. 29, *а*) представляет собой детекторный каскад с повышенной инерционностью, благодаря которой выходное напряжение не может изменяться очень быстро.

В схеме обычного детектора (рис. 29, *б*), на котором диод показан в виде лампы, параметры элементов определяются из выражения $\Omega_в C_3 R_1 \geqslant (0{,}75 \div 1{,}5)$, где $\Omega_в$ — верхнее значение модулирующей звуковой частоты. В ламповых приемниках величина R_1 обычно составляет 0,05—0,1 *Мом*, а в транзисторных 10—30 *ком*.

В схеме на рис. 29, *а* сопротивление резистора R_2 в несколько раз больше сопротивления резистора R_1, а емкость конденсатора C_3 больше емкости конденсатора, шунтирующего резистор R_1 в схеме обычного детектора. Поэтому импульсные помехи не успевают зарядить конденсатор C_3 до пикового значения и напряжение на нем остается равным некоторой средней величине — примерно равной такому напряжению, которое создается самим полезным сигналом. Степень подавления помехи зависит от ее длительности и частоты модуляции сигнала. Данные схемы рис. 29 рассчитаны на наивысшую частоту

модуляции, равную 3—4 *кгц*. Такой детектор имеет невысокую чувствительность, поэтому общее усиление приемника необходимо несколько увеличить, что вполне осуществимо обычными методами без увеличения числа каскадов при условии отсутствия сплошных помех и шумов.

Среди большого числа схем, ослабляющих воздействие помех и строящихся на основе детекторного каскада, наиболее интересны те, регулировки которых не требуются при приеме. Их действие основано на определенных закономерностях процесса детектирования.

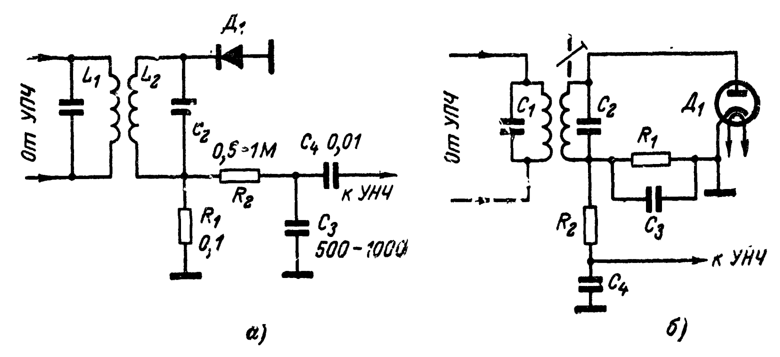


Рис. 29. Схемы детекторных каскадов.

Рассмотрим схему на рис. 30. Допустим, что на ее вход подается немодулированное напряжение такой величины, при которой потенциал в точке *А* составит —10 *в*, а в точке *Б* соответственно —5 *в*. Так как диод при этом открыт и в цепи делителя на резисторах R_3 и R_4 падает часть напряжения, то потенциал в точке *В* заряженного конденсатора C_3 составит — 7 *в*. При подаче модулированного напряжения на вход каскада потенциал в точке *Б* колеблется относительно величины —5 *в* до тех пор, пока уровень модуляции не превысит 40 %, т. е. расчетного для данной схемы значения. Потенциал в точке *В* не может изменяться со звуковой частотой, так как конденсатор C_3 имеет достаточно большую емкость. При появлении помехи или значительном повышении уровня модуляции потенциал в точке *Б* снизится ниже —7 *в*, диод запрется и вход УНЧ окажется присоединенным через резистор R_3 к конденсатору C_3 с практически постоянным потенциалом; на вход УНЧ импульс помехи поступит сильно ограниченным. Уровень ограничения, зависящий от уровня модуляции, можно изменять подбором резисторов R_1, R_2, R_3 и R_4, а выключать схему можно с помощью переключателя $П_1$. Даже при незначительном повышении уровня модуляции схема вносит сильные искажения, поэтому ее применяют только для радиотелефонии.

Схема параллельного «подавателя» помех, в котором установка уровня ограничения также происходит автоматически, приведена на рис. 31. Ограничение происходит на уровне 100%-ной модуляции, что позволяет применять ее в вещательных приемниках и делает ненужным переключатель $П_1$. Потенциалы точек *А* и *Б* для удобства описания работы схемы примем также равными —10 и —5 *в* соот-

ветственно. Потенциал точки *В* (и конденсатора C_2) равен —10 *в*, так как в обычном состоянии диод заперт. Когда к схеме подводится модулированное напряжение высокой частоты, потенциал точки *Б* изменяется в соответствии с законом модуляции около среднего значения —5 *в*, а потенциал точки *В* остается неизменным, так как емкость конденсатора C_3 значительна, а сопротивление резистора R_4 достаточно велико. Вход УНЧ связан со средней точкой делителя. Когда уровень модуляции превысит 100% или на вход схемы поступит импульс помехи, диод $Д_2$ откроется и вход УНЧ окажется при-

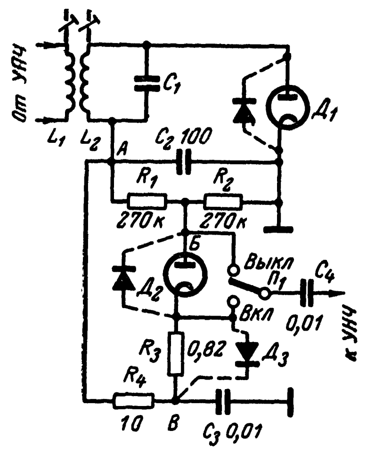


Рис. 30. Схема последовательного подавителя помех (пунктиром показано включение полупроводниковых диодов вместо вакуумных).

Рис. 31. Схема параллельного подавителя помех.

соединенным к обкладке конденсатора C_3. Следовательно, импульс помехи окажется ограниченным на уровне 100 %-ной модуляции.

Обе схемы не реагируют на изменение средней амплитуды высокочастотных колебаний, так как это изменение вызывает пропорциональное изменение всех напряжений и процентный уровень ограничения не изменяется. Подбирая соотношение сопротивлений резисторов R_1 и R_2, один из которых является потенциометром, уровень ограничения можно изменять; в том случае, когда этот уровень будет понижен, наиболее сильные звуки будут несколько искажаться, но воздействие помех на приемник будет ослаблено. Величины элементов на рис. 31 и 32 в транзисторных приемниках изменяются следующим образом по сравнению с величинами, приведенными на этих рисунках для ламповых вариантов: R_1 — 10 *ком*, R_2 — 10 *ком*, R_3 — 18 *ком*, R_4 — 33 *ком*, C_3, C_4 — 2 *мкф*. Полупроводниковые диоды показаны пунктиром. Для улучшения работы схем включают третий диод $Д_3$, открывающийся одновременно с запиранием $Д_2$ и соединяющий выходной зажим с общей шиной через конденсатор C_3 (см. рис. 30).

На рис. 32 и 33 приведены две аналогичные по действию схемы ограничителей амплитуд на вакуумном и кристаллическом диодах

с устанавливаемым порогом ограничения E. В этих схемах параллельно входу УНЧ установлен диод $Д_2$, запертый напряжением E, снимаемым с переменного резистора R_3, сопротивление которого подбирается так, чтобы максимальное напряжение сигнала не открывало диода. Когда диод $Д_2$ заперт, напряжение поступает на вход УНЧ независимо от диода. Импульс помехи открывает диод $Д_2$, что сильно шунтирует вход УНЧ, поэтому рост напряжения на сетке лампы УНЧ возможен только до величины E.

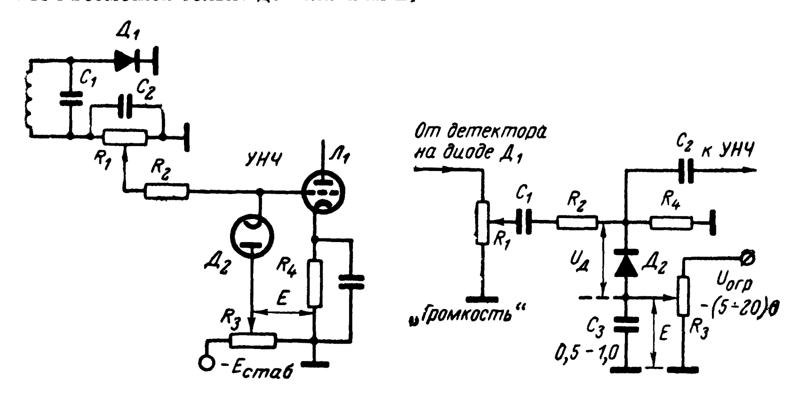


Рис. 32. Схема ограничителя на вакуумном диоде с изменяемым уровнем ограничения.

Рис. 33. Схема ограничителя на полупроводниковом диоде.

На рис. 34 приведена компенсационная схема подавителя помех. Диод $Д_1$ в этой схеме детектирует сигнал; диод $Д_2$ заперт напряжением E, регулируемым с помощью резистора R_2. Импульс помехи, открывающий диод, создает на резисторе нагрузки ток, направление которого противоположно току сигнала, создаваемому основным диодом $Д_1$, поэтому помеха ограничивается, а на выходе приемника уменьшаются резкие трески и неприятные шорохи.

Группа более сложных подавителей помех, действие которых основано на кратковременном запирании приемника при действии мощной помехи, представлена простейшей схемой на рис. 35. В ней имеются два детектора: детектор сигнала на триоде $Л_1$ и детектор помехи на диоде $Д_1$, на который подано смещение. Когда импульс мощной помехи отпирает диод $Д_1$, ток через резистор R_2 вызывает напряжение, запирающее триодную секцию схемы. Прекращение детектирования во время действия помехи практически не воспринимается человеческим ухом, если это время не превышает 1,4 *мсек*, а число перерывов не превышает 20—30 в 1 *сек*. Это условие в большинстве случаев соблюдается при слабых атмосферных помехах.

Для ослабления влияния помех амплитудные ограничители могут включаться в цепи с более высокими уровнями напряжений, например, между каскадами УНЧ. На рис. 36 приведена схема ограничителя помех, устанавливаемая перед выходным каскадом УНЧ. После того как с движка потенциометра на аноды диодов подается значительное постоянное напряжение, диоды открываются и, таким

образом, возникает связь между каскадами УНЧ. Схема может быть отрегулирована так, что только относительно сильные сигналы будут открывать диоды и напряжение НЧ будет поступать на выходной каскад УНЧ. При необходимости можно ввести и другой режим работы ограничителя, при котором мощные помехи будут разрывать цепь сигнала. Для более эффективного ослабления помех иногда необходимо изменять полярность включения диодов, подбирать полярность и величину питающего диоды напряжения.

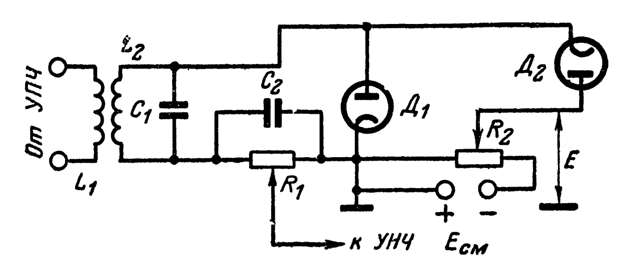


Рис. 34. Компенсационная схема ограничителя помех.

Аналогичная по действию схема (рис. 37) выполнена на полупроводниковых диодах. Через диоды сигнал поступает на выходной каскад усилителя лишь тогда, когда уровень сигнала превысит определенный предел, превышающий некоторый установленный уровень помех и шумов. Действие схемы обеспечивает срезание импульсов и снижение шумов примерно на 20 *дб* в паузах между сигналами тогда, когда вход и выход устройства связаны цепью связи через высокоомный резистор R_1. Уровень напряжения смещения диодов можно регулировать резистором R_6.

Уровень A среза шумов и помех обозначен пунктиром на эпюре $U_{вых}$. Подобное устройство, как и предыдущая схема (рис. 36), вносит искажения, так как наряду с помехами она производит срезание части полезных сигналов. Регулировка этого устройства производится так, чтобы сигнал в смеси с шумами стал более разборчивым и более приятным на слух. Схема на рис. 37 может быть также использована и для срезания шумов при воспроизведении старых грамзаписей. При выполнении схемы на полупроводниковых дио-

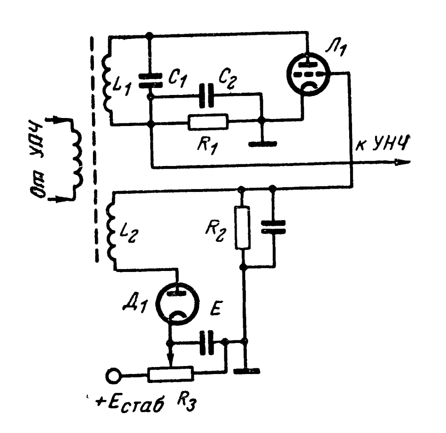


Рис. 35. Схема уменьшения влияния помех, действие которой основано на запирании приемника на время действия помехи.

дах возникает необходимость в их подборе: они должны обладать максимальным отношением обратного и прямого сопротивлений.

Известно, что при сплошных гладких помехах их суммарное воздействие на приемник тем меньше, чем уже его полоса пропускания. Полосу пропускания во многих случаях следует ограничивать уже на входе, в первых каскадах. С этой целью можно использовать либо

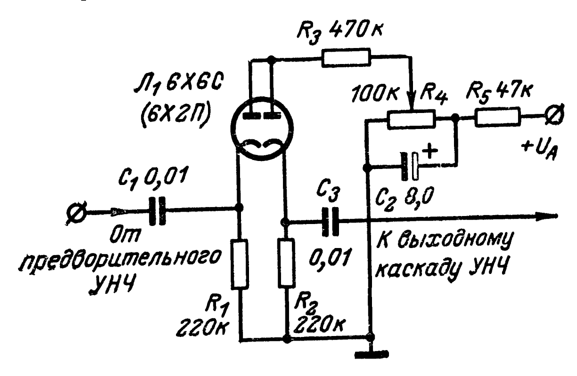


Рис. 36. Схема ограничителя помех, применяемая в УНЧ приемника.

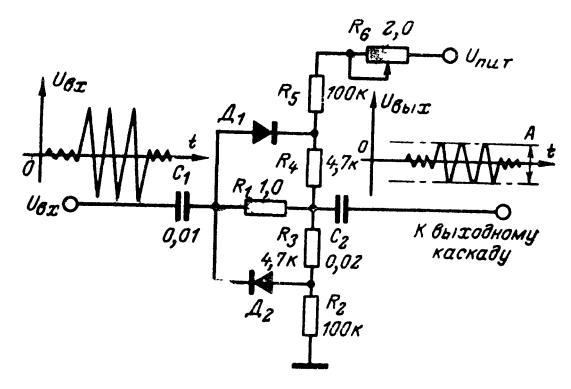


Рис. 37. Схема ограничителя напряжений на полупроводниковых диодах.

перестраиваемые LC-фильтры на входе приемника либо перестраивать первые каскады УВЧ.

При введении в каскад УВЧ, а иногда и в каскад УПЧ нескольких дополнительных элементов его схему можно сделать регенеративной, причем высокочастотное напряжение в такой схеме будет управлять активным элементом каскада, а часть усиленного напряжения будет вводиться обратно в контур по цепи обратной связи $R_{о\,с}$ (рис. 38) и уменьшать сопротивление контура, повышая его собст-

венную добротность Q_0. На некоторой рабочей частоте ω_0 резонансное сопротивление контура и его добротность Q_0 связаны соотношением $R_{к\ рез} = Q_0 \omega_0 L$. Подобные схемы называются схемами умножителей добротности. Коэффициент увеличения добротности равен $K = Q_{эфф}/Q_0$, где $Q_{эфф}$ — эффективная добротность контура. Если $R_{о\ с}$ очень мало, $K=0$, поэтому при малых $R_{о.с}$ схема УВЧ работает нестабильно и может возбуждаться. При больших $R_{о.с}$ $K \approx 1$. Устанавливая некоторое промежуточное значение $R_{о.с}$, можно получить $K = 3 \div 8$ и добиться стабильной работы каскада.

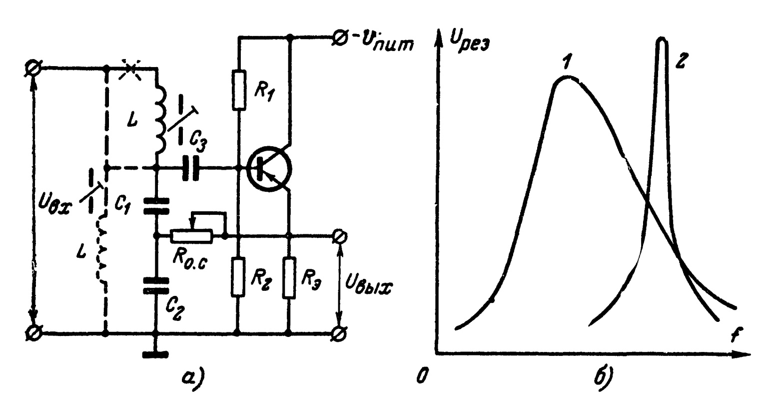


Рис. 38. Схема, поясняющая принцип умножения добротности контура.

1 — без схемы умножения; *2* — с включенной схемой умножения (в меньшем масштабе).

Для этих же целей во входных цепях используется либо последовательный контур (например, П-образный, как показано на рис. 38, *а* сплошной линией), либо параллельный (показан на том же рисунке пунктиром). В последнем случае индуктивность подключается параллельно входу и конденсаторам C_1 и C_2. Схема умножителей добротности стабильно работает, когда произведение $SR_э > R_{к.рез}$, где $R_э$ — сопротивление в цепи эмиттера транзистора, S — крутизна транзистора, применяемого в схеме (из справочников). Пользуясь этим выражением и зная величину $Q_{эфф}$, можно определить необходимую собственную добротность колебательного контура Q_0.

Сравнительные характеристики контура при наличии и отсутствии обратной связи в подобных схемах приведены на рис. 38, *б*. Потенциальные возможности умножителей добротности, как и ограничителей помех, не всегда могут быть использованы полностью в радиовещательных приемниках, так как значительное сужение или сдвиг полосы пропускания сигналов приводит к появлению частотных искажений, ухудшению качества воспроизведения программ. Заметим, что столь широкая регулировка полосы пропускания приемника необходима далеко не всегда и большей частью используется радиолюбителями только при телеграфном приеме.

При тщательной отработке схем и применении высококачественных элементов конвертеры (приставки с собственным преобразовате-

лем частоты) значительно расширяют возможности приемников и обеспечивают высокое качество приема. Конвертер с приемником образует составную схему супергетеродинного приемника с двойным преобразованием частоты. Подобные схемы используют в профессиональных и специальных приемниках. При правильном выборе частот обоих гетеродинов и УПЧ схема с двойным преобразованием позволяет получить высокую степень подавления зеркальных помех и высокую избирательность по соседнему каналу.

В том случае, если в профессиональных приемниках, предназначенных для связи на большие расстояния, применяется двойное преобразование частоты, приемники, как правило, имеют два-три каскада УВЧ, первая промежуточная частота выбирается высокой (2 *Мгц* и более), что обеспечивает ослабление зеркального канала, а вторая частота — низкой (110 *кгц*), на которой легче осуществить высокую избирательность по соседнему каналу. Первый гетеродин в большинстве случаев содержит кварц. Схему приемника тщательно рассчитывают и принимают все меры для стабилизации частот гетеродинов и полосы пропускания УПЧ. В некоторых случаях первую промежуточную частоту делают переменной, что облегчает использование кварцованных гетеродинов; в приемниках без кварца применяют цепь автоподстройки частоты гетеродина. Для упрощения схем стабилизации гетеродинов можно использовать и другой путь — повышать первую промежуточную частоту и частоту первого гетеродина выбирать значительно выше значения частоты сигнала. Но этот путь сложен для начинающих радиолюбителей. При плохой настройке конвертера и низком качестве приемной схемы (например, при недостаточной избирательности) система конвертер — приемник может оказаться менее помехоустойчивой, нежели обычный приемник с одним преобразователем. Помехи, существующие практически на всех частотах, проникают в приемник с конвертером по значительно большему количеству путей; паразитные биения с гармониками двух гетеродинов могут возникать и усиливаться в двух УПЧ. Поэтому фильтрация сигналов на входе составного приемника должна быть достаточно высокой.

Повысить помехозащищенность приемников можно, применяя конверторы с УВЧ, самостабилизирующиеся и двухтактные схемы гетеродинов, а также вводя стабилизацию питающих напряжений, тщательное экранирование отдельных узлов, улучшая УПЧ и т. п., а также вводя ряд дополнительных регулировок. Работа приемника с конвертером может значительно расширить возможности приема сельских радиолюбителей в условиях меньшего уровня промышленных помех.

В заключение необходимо сказать, что интенсивность влияния помех различна не только из-за разных условий приема (о них еще будет сказано), но и из-за различия самих основных источников помех. Без видеоприставки с осциллографической трубкой и свип-генератором определить источники главных помех на конкретном участке частотного диапазона можно последовательным исключением путей их проникновения в приемник. Если влияние помех не ослабляется после улучшения фильтрации сетевого и выпрямленного напряжений (уменьшение фона одновременно расширяет динамический диапазон звучания), нужно приступить к защите снижения. Если помехи уменьшатся при этом незначительно, необходимо применить направленную антенну и соответственно ориентировать ее. Необходимо помнить, что более существенно иметь не просто направленную

антенну, а антенну, диаграмма направленности которой имеет ярко выраженный минимум (как, например, у хорошо настроенного и согласованного с фидером симметричного полуволнового диполя при приеме сигналов со стороны торца), так как, подчас, значительно важнее не повышать уровень сигнала, а ослабить уровень помехи, т. е. совместить направление на источник помех с минимумом диаграммы направленности. Поэтому из направленных антенн наиболее эффективны антенны, обладающие таким свойством. Если помеха не ослабляется ориентацией направленной антенны, значит направление на мешающий источник совпадает с направлением на принимаемую станцию. В этом случае для ослабления помех необходимо вводить дополнительные регулировки, совершенствовать входные фильтры и УПЧ приемника, повышать его частотную избирательность (сначала по соседнему, а затем и по побочным каналам приема).

5. Борьба с помехами при приеме УКВ ЧМ вещания

В настоящее время наиболее высокое качество приема обеспечивается при приеме ЧМ вещания, передающие станции которого располагаются в городах. Интенсивность почти всех видов помех резко падает с ростом частоты, поэтому УКВ прием значительно более свободен от их влияния. Количество природных источников помех мало (основные помехи космического характера, местные мощные грозы). Мощность большинства различных промышленных источников помех в диапазоне 70—150 *Мгц* и выше становится малой; иногда их суммарная мощность на входе приемника меньше мощности его собственных шумов. Помехоустойчивость при ЧМ приеме повышается и вследствие того, что прием ведется на направленные симметричные антенны, на которых прямые емкостные наводки помех ослаблены; путь сигналов от передающих антенн к приемным проходит относительно высоко над землей, над зданиями, и на этом пути вероятность появления источников мощных индустриальных помех мала. Большие резервы помехоустойчивости кроются в самом методе модуляции несущей. Известно, что ослабление помех осуществляется успешнее в тех случаях, когда структура помех отличается от структуры полезных сигналов. При АМ приеме импульсы помех содержат составляющие, входящие в спектр сигналов. При ЧМ приеме отдельные мощные импульсы помех слабо влияют на процесс приема, так как детектирование ЧМ сигналов сопровождается предварительным амплитудным ограничением. Данный вид приема значительно более устойчив и к различным шумам, создаваемым большим количеством слабых паразитных импульсов.

Шум-фактор приемника, который иногда называют защитным отношением или допустимым отношением сигнал/шум, равен отношению мощности сигнала на входе приемника к мощности шумов, пересчитанной ко входу приемника, при котором его выходная мощность превышает мощность шумов на выходе в заданное число раз. Шум-фактор при АМ приеме близок к единице, а при ЧМ составляет несколько десятков (в зависимости от ряда условий и критерия качества приема). При частотной модуляции прием сигналов относительно мощного радиоцентра на УКВ может быть практически свободным от влияния шумов.

УКВ приемники строятся преимущественно по супергетеродинной схеме, так как сужение резонансных кривых контуров на частоте

сигнала, которое достигается увеличением добротности контуров, в приемных схемах прямого усиления представляет большую трудность. В 50-е годы промежуточную частоту приемников ЧМ вещания устанавливали равной 15—30 *Мгц* (что достижимо в УПЧ на контурах среднего качества); в настоящее время ее принимают обычно равной 6,5—8,5 *Мгц*. Это позволяет понизить коэффициент прямоугольности УПЧ контуров и значительно ослабить влияние помех. Конструктивно более простыми являются УКВ приемники на транзисторах. Однако при освоении диапазона УКВ в силу специфических особенностей полупроводниковых приборов возникают некоторые трудности при настройке узлов подобных приемников. Промышленность выпускает комбинированные АМ—ЧМ приемники со сложными схемами совмещенных трактов УПЧ. При отсутствии у радиолюбителей достаточного опыта необходимо отказаться от копирования сложных схем и вначале строить схемы на один диапазон УКВ Для этой цели из сложных схем надо выделить только тракты УКВ и изучить их работу.

Для первых конструкций следует применять детали заводского исполнения, ибо они продаются уже настроенными. При создании УКВ приемника следует приобрести доступный ламповый УКВ блок, содержащий УВЧ, смеситель, гетеродин и каскад УПЧ (от радиол «Симфония» («Симфония-2»), «Эстония» («Эстония-стерео, 3М»), а также узел дробного детектора от этих же приемных схем. Как правило, радиолюбитель уже имеет опыт настройки УНЧ достаточно высокого качества. Поэтому для обеспечения высококачественного приема с малыми помехами радиолюбителю достаточно смонтировать только один — три обычных каскада УПЧ. Число этих каскадов зависит от условий приема, типа приемника и антенны. В условиях удаленных пригородов особенно при наличии помех необходимо применять высокорасположенные направленные приемные антенны, использовать в приемнике после блока УКВ еще два-три каскада УПЧ.

В крупных городах, имеющих мощные УКВ станции, можно обойтись одним дополнительным каскадом УПЧ, а при непосредственной близости приемника к району расположения передатчика можно не устанавливать дополнительного усилительного каскада. Мощное поле УКВ станций в городах позволяет вести прием и на простейший сверхрегенеративный приемник на одном транзисторе при использовании вынесенного диполя. Если после стандартного блока УКВ со встроенным каскадом УПЧ установить дополнительный каскад УПЧ с частотой 8,6 *Мгц* на лампе 6Ж1П, приемник будет иметь чувствительность, примерно равную 50 *мкв*.

Чувствительность УКВ приемника в значительной мере зависит и от типа детектора. Схема приемника с дробным детектором проще: при дробном детекторе не требуется предварительного ограничения сигнала, значительного напряжения ПЧ, на его выходе обычно ставится *RC*-цепочка, снижающая воздействие импульсных помех. Для сравнения укажем, что УКВ приемник с тремя каскадами УПЧ, отдельным ограничителем и частотным детектором имеет чувствительность, примерно равную 300—350 *мкв*.

Большое значение имеет и тип антенны. Современные радиолы и приемники с УКВ диапазоном успешно работают в железобетонных домах при встроенном в ящик приемника и укороченном диполе в районах, удаленных от передающих атенн. При этом диполь не ориентируется и между ним и станцией имеется значительное рас-

стояние, а также присутствует несколько рядов металлической сетки арматуры стен.

При использовании вынесенной и направленной на передатчик антенны (диполя) напряжение на входе приемника возрастает более чем в 100 раз, а при использовании многоэлементных направленных антенн (типа коллективных) оно увеличивается еще больше. Выравниванию относительных чувствительностей различных приемников способствует действие современных эффективных схем АРУ. Однако,

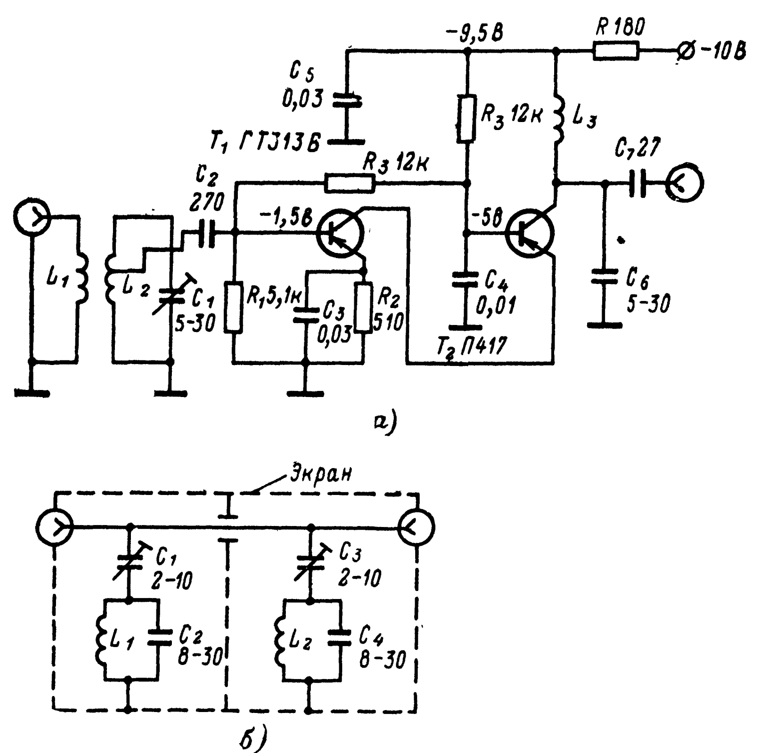


Рис. 39. Схемы дополнительного каскада УВЧ на транзисторе и дополнительного фильтра на входе УКВ приемника.

чем меньше количество каскадов работает в приемнике при местном приеме и чем менее эффективно действие АРУ, тем лучше, так как АРУ уменьшает динамический диапазон приемного тракта.

Ослабление влияния основных типов помех при УКВ ЧМ приеме производится так же, как и в случаях, описанных в предыдущих параграфах. При использовании вынесенной антенны на входе приемника устанавливают фильтры; для одновременного подъема уровня сигнала и улучшения фильтрации между антенной и входом приемника устанавливают дополнительный каскад УВЧ (рис. 39, *а*). Каскад

эффективно работает на частотах до 100 *Мгц*. Данная каскодная схема имеет малые шумы и небольшие габариты, может быть установлена на самой антенне, при этом длина фидера или кабеля диполя должна быть небольшой, в противном случае необходим дополнительный согласующий эмиттерный повторитель. Примерные данные катушек, изображенных на схеме: L_1 — 2 витка, L_2 — 5 витков с отводом от 3,5 витка, L_3 от 7 до 10 витков. Ток эмиттера транзистора T_1 — $I_э \approx 2{,}2$ *ма*. Коэффициент усиления по напряжению — около 40. Данные входного трансформатора (L_1 и L_2) и точное количество витков катушки L_3 подбираются для конкретных сердечников из ВЧ феррита. Трансформаторы могут иметь конструкцию, изображенную на рис. 12. Диаметр катушек без каркасов 6 *мм* (ПЭЛ 0,6, шаг 1 *мм*).

В УПЧ приемников, работающих в условиях значительных помех (например, от КВ и УКВ радиоустройств), вводят ФСС, выполненные на *LC*-контурах. Подобные фильтры широко известны. В большинстве случаев они предназначаются для установки в УПЧ тракты телевизионных приемников, однако небольшая подстройка позволяет использовать их в УПЧ УКВ приемников.

Фильтры для защиты УКВ ЧМ приемников от помех (преимущественно со стороны гармоник КВ станций) подобны заградительным фильтрам для телевизоров. Обычно они представляют собой комбинации последовательных и параллельных контуров, смонтированных в секционированных экранах. На рис. 39, *б* приведена схема одного из подобных фильтров; L_1 и L_2 (по 6—10 витков каждая) намотаны на каркасах диаметром 8 *мм* проводом ПЭЛ 0,62 с небольшим зазором между витками. Для ослабления влияния помех секции фильтра настраивают с помощью подстроечных конденсаторов на частоты мешающих сигналов.

Для ослабления влияния индустриальных помех на УКВ, как уже было описано в предыдущем параграфе, антенну необходимо поднимать выше над зданием, располагать ее в зоне прямой видимости антенны передающего центра и ориентировать. Снижение необходимо выполнять из коаксиального кабеля. Для ослабления влияния помех, проникающих в УКВ приемник по проводам питающей силовой сети, между сетью и входом силового трансформатора необходимо включать многозвенные сетевые фильтры, а сам трансформатор должен иметь экранирующую обмотку.

Новейшие методы борьбы с помехами по соседнему каналу (требующие значительного повышения крутизны скатов резонансных характеристик фильтров УПЧ) значительно более сложны. Они связаны с введением автоподстройки частоты гетеродина. При снижении значения промежуточной частоты избирательность по соседнему каналу может быть значительно увеличена, однако избирательность по зеркальному каналу резко падает. В настоящее время разработаны приемники с пониженной до 100 *кгц* промежуточной частотой, для устранения зеркальной помехи в них применена специальная схема автоподстройки частоты гетеродина.

Глава третья

ОСЛАБЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОМЕХ В КОНКРЕТНЫХ УСЛОВИЯХ ПРИЕМА

1. Повышение отношения сигнал/помеха за счет улучшения настройки приемника и увеличения уровня полезного сигнала

Методы повышения качества фильтрации напряжения на входе приемника и улучшения избирательности приемника путем улучшения работы УПЧ, как правило, основываются на введении в тракт прохождения сигнала большого числа резонансных колебательных систем (контуров и фильтров). Каждый из них вносит в приемный тракт потери. Для их уменьшения применяют контуры более высокой добротности, а для компенсации потерь в контурах вводят дополнительные усилительные каскады, но эта мера, как уже отмечалось, приводит к появлению частотных и нелинейных искажений, затрудняет конструирование и настройку приемника, увеличивает возможность самовозбуждения его усилителей.

В настоящей главе рассматриваются возможности повышения отношения сигнал/помеха за счет увеличения уровня сигнала. Для этого, во-первых, необходимо по возможности не увеличивать степень затухания сигнала в приемном тракте и, во-вторых, подводить ко входу приемника по возможности большее (с учетом необходимых ограничений) напряжение полезного сигнала. Основная рекомендация заключается в необходимости тщательной настройки приемника при помощи соответствующих приборов, достаточно точном сопряжении настроек контуров высокочастотной части и гетеродина.

Одновременная точная перестройка частоты входных контуров и контура гетеродина в широком диапазоне затруднена. Для одной фиксированной настройки контуров приемника сопряжение может быть выполнено практически без погрешности. Однако в диапазоне СВ, например, входной контур должен перестраиваться от 525 до 1 605 *кгц* (перекрытие по частоте составляет 3,1 раза), а частота гетеродина при этом должна соответственно изменяться от 525+465=980 *кгц* до частоты 1 605+465=2 070 *кгц*, что соответствует перекрытию по частоте в 2,7 раза.

Рассмотрим на примере простейшего супергетеродинного приемника принцип сопряжения его входных контуров, расположенных на стержне ферритовой антенны, с контурами гетеродина. С помощью подстроечных конденсаторов контуры сигнала и гетеродина настраиваются при налаживании СВ диапазона приемника на высшие частоты 1 605 и 2 070 *кгц*. Блок конденсаторов переменной емкости при этом выведен. Так как контур гетеродина должен иметь меньшее перекрытие частот при настройке во всем диапазоне, в его схему вводится конденсатор сопряжения. При настройке приемника в конце диапазона СВ (при введенном блоке конденсаторов переменной емкости) для сопряжения используются сердечники катушек гетеродина или антенны. Антенная катушка может изменять свою индуктивность и при изменении положения на ферритовом сердечнике антенны (в простейших входных цепях). Процесс сопряжения настроек контуров различной добротности поясняется с помощью рис. 40. Здесь показана

резонансная характеристика входной цепи для двух величин добротности входного контура; обозначены частоты настройки входных контуров приемника и контуров гетеродина, дана частота зеркального канала, а также обозначены частоты двух источников помех $f_{п1}$ и $f_{п2}$.

Легко видеть, что когда входной контур имеет низкую добротность (*б*), неточности сопряжения сказываются незначительно, однако при этом растет интенсивность зеркальной помехи. Когда добротность входных контуров велика (*а*), даже незначительное расхождение на-

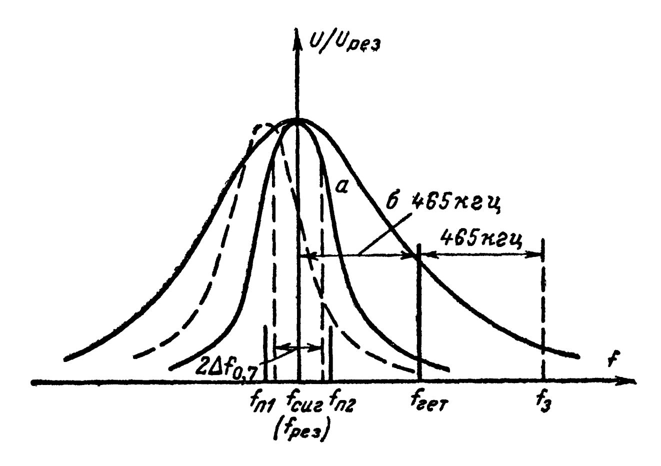


Рис. 40. Влияние добротности входного контура простейшего супергетеродина на качество сопряжения контуров и ослабление помех.

строек контуров (кривая показана пунктиром) приводит к значительному изменению усиления принимаемого сигнала. Так как для всех диапазонов приемника используется один и тот же блок конденсаторов переменной емкости, для каждого из диапазонов существует свой сопрягающий конденсатор. Неточность сопряжения контуров в приемниках фабричного изготовления невелика; блоки конденсаторов перед монтажом их в приемник предварительно настраивают так, чтобы законы изменения емкостей отдельных секций были примерно одинаковыми при повороте оси блока, а различные паразитные емкости монтажа учитывают при настройке, которую производят свип-генератором.

В радиолюбительских условиях, особенно в тех случаях, когда приемник настраивается без помощи генератора сигналов (по станциям), в процессе сопряжения возможны значительные ошибки, а блок конденсаторов к тому же может оказаться расстроенным. Погрешность сопряжения можно оценить путем измерений, произведенных с помощью сигнал-генератора. Его подключают ко входу приемника через эквивалент антенны. Одновременно приемник настраивают на одну из частот проверяемого диапазона в начале или конце шкалы. Затем настраивают сигнал-генератор с включенной модуляцией на эту частоту по максимуму показаний индикатора, подклю-

ченного к выходу детектора или УНЧ. Данные частоты генератора сигналов переносят на шкалу настройки приемника. Затем определяют аналогичным образом частоту настройки контуров ВЧ каскадов или входных цепей приемника, но индикатор настройки через небольшую емкость, учитываемую затем в процессе настройки, подключают к коллекторной цепи смесительного транзистора или к аноду лампы преобразователя частоты. Разница частот настройки $\Delta f = f_{сиг} - f_{ВЧ}$ и составляет измеряемую погрешность сопряжения контуров. Она проверяется через каждые 10—15° угла поворота блока конденсаторов φ. Ее величина не должна выходить за пределы границ, установленных соответствующими условиями (пунктир на рис. 41). Обычно величина Δf в приемниках фабричного изготовления не превышает нескольких килогерц. Точное сопряжение контуров для каждого диапазона при данном способе настройки возможно только в трех точках (точки *А*, *Б* и *В* на рис. 41); в остальных точках диапазона (шкалы приемника) будет всегда наблюдаться нарушение точного сопряжения.

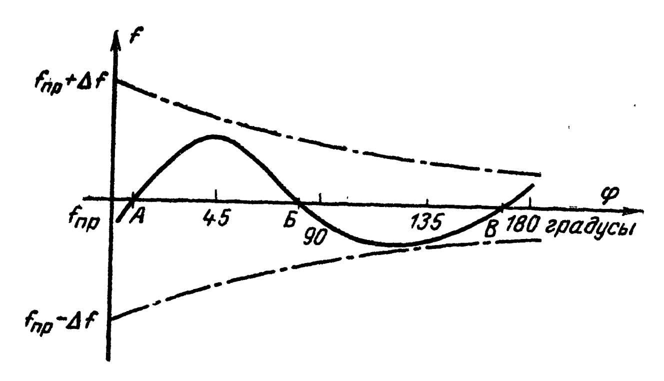


Рис. 41. График ошибки, возникающей в процессе сопряжения.

Чем выше величина Δf, тем сильнее влияние помех на соответствующих участках диапазонов. Так как при расстройке частота входных контуров не соответствует частоте принимаемого сигнала, а характеристика входной цепи (на рис. 40 показана пунктиром) как бы сдвигается в сторону, происходит не только падение усиления полезного сигнала, но и значительное увеличение усиления помехи (например, $f_{п1}$ и $f_{п2}$ в зависимости от знака расстройки). Таким образом, хорошо настроенный приемник является более помехоустойчивым. Приемник, включенный после многих лет бездействия, необходимо подстроить, так как в настройке контуров происходят с течением времени некоторые изменения за счет старения их магнитных сердечников.

Для ослабления влияния помех и улучшения отношений сигнал/шум необходимо заботиться прежде всего о точности сопряжения, которую можно поддерживать несколькими вспомогательными путями. В простых приемниках на транзисторах радиолюбители применяют для повышения точности сопряжения контуров специальный кула-

чок (копир). Его устанавливают на ось конденсатора гетеродина, а ролик, находящийся в соприкосновении с ним, приводит в движение ось конденсатора входного контура. Профиль кулачка устанавливается опытным путем с учетом получения точного сопряжения контуров. Для сложных и чувствительных приемников с большой избирательностью, имеющих двухконтурную входную цепь и один-два каскада УВЧ, кулачок нужно выполнять для всего блока конденсаторов настройки. Подобная реконструкция узла настройки супергетеродинного приемника под силу лишь квалифицированным радиолюбителям, которые владеют навыками точных механических работ. Недостатком данного метода является необходимость смены кулачков в приемнике при переключении диапазонов.

Значительно проще установить в каскаде гетеродина небольшой подстроечный конденсатор — «корректор». Схема гетеродина и конструкция корректора тщательно продумываются с тем, чтобы введение дополнительных деталей не ухудшило стабильность работы гетеродина. Корректор гетеродина при переделке приемника снабжается шкалой. Шкала и конденсатор связываются осью из диэлектрика. Необходимая поправка устанавливается по шкале и графику, укрепленному на передней панели приемника. Чтобы не увеличивать время перестройки приемника, корректор выполняют так, чтобы при нулевом положении шкалы в контур гетеродина вносилась строго постоянная емкость, учитываемая в процессе сопряжения. При тщательном выполнении узла коррекции можно получить возможность ввода поправки в сопряжение только в случае необходимости, а процесс настройки приемника для многих участков шкалы с достаточно точным сопряжением остается прежним.

Если при переделке приемника для повышения подавления зеркальной помехи необходимо улучшить фильтрацию сигнала во входных цепях или даже ввести УВЧ, для этой цели из блока конденсаторов настройки можно использовать одну секцию. Для этого следует установить в приемнике отдельный конденсатор гетеродина, но настройка приемника перестает быть чисто «одноручечной». Долгие годы наличие нескольких ручек управления считалось недостатком. В последнее время при настройке приемника приходится оперировать дополнительно уже несколькими ручками и клавишами: двумя ручками тембра, ручками регулировки полосы пропускания, ручкой поворота ферритовой антенны, местного приема и т. д.

При введении автономного конденсатора гетеродина целесообразно переделать весь узел гетеродина: разместить его в подвале шасси, повысить компактность, улучшить его экранировку, создать теплоизоляцию из тонких пластин пенопласта для повышения температурной стабильности работы схемы. При этом усложняется только механизм шкалы: для каждого диапазона необходимо иметь две расположенные рядом идентичные шкалы. Наиболее удобны параллельные линейные шкалы. Основная шкала градуируется в частотах сигнала или удобно читаемых условных делениях, а ее стрелка, например красная, связывается с осью конденсатора настройки гетеродина.

Для настройки желательно использовать в гетеродине конденсатор с бо̀льшим расстоянием между пластинами и лучшей изоляцией ротора: это повышает стабильность частоты гетеродина. Стрелка вспомогательной шкалы (например, синяя) связывается с осью блока конденсаторов настройки контуров ВЧ узла. Она градуируется по первой шкале с помощью генератора стандартных сигналов.

Настраивая генератор на частоту, соответствующую выбранному делению основной шкалы, необходимо подстроить входные контуры и контуры ВЧ с помощью вспомогательной ручки второй шкалы по максимуму сигнала; после настройки на ней отмечается цифра, аналогичная такой же цифре на первой шкале. Для настройки на станцию с определенной частотой необходимо совместить обе стрелки на двух шкалах с одними и теми же цифрами — индексами значения этой частоты. При этом обеспечивается не только точное сопряжение настроек контуров, но и упрощается настройка приемника. Все контуры ВЧ настраиваются таким же образом, как и при настройке приемников прямого усиления. Увеличивается и помехозащищенность приемника. Легко видеть, что при любом взаимном положении двух частот $f_{сиг}$ и $f_п$ (сигнала и помехи) раздельная настройка контуров позволяет добиться сопряжения их таким образом, что при настройке приемника на частоту сигнала $f_{сиг}$ помеха окажется на склоне резонансной характеристики УВЧ (или входных контуров), а сигнал — в районе максимума этой характеристики. Подобная отстройка от помехи в приемниках с обычным блоком настройки невозможна. Преимуществом при выполнении приемника со схемой раздельной настройки является и то, что радиолюбитель приобретает опыт ее эксплуатации и ему легче перейти к схемам с кварцованным гетеродином и к схемам, в которых применена переменная промежуточная частота, т. е. к схемам с еще большими возможностями отстройки от помех (схемам, близким по принципу построения к профессиональным).

При настройке преобразователя важно непрерывно оценивать работу гетеродина при его перестройке по диапазону. Схема простого индикатора приведена на рис. 42; она монтируется на узкой полоске оргстекла или плотного картона. Резисторы R_1—R_3 при налаживании индикатора временно устанавливают переменными. Для проверки работы гетеродина сменная катушка L_1 может быть вынесена за пределы пластины на 40—60 *мм* на жестких проводниках (для облегчения приближения ее к контуру работающего гетеродина). Для УКВ и КВ диапазонов она имеет 20 витков провода ПЭ 0,2 на ферритовом стержне марки 100 НН длиной $l=12$ *мм* и диаметром 2,8 *мм*, для СВ и ДВ — 200 витков провода ПЭЛШО 0,12, намотанных на тот же стержень.

При перестройке работающего гетеродина прибор индикатора или прибор вольтомметра на 40—50 *мка*, временно присоединенный к схеме, не должен показывать резких бросков или срывов генерации. Прибор и батарея питания могут соединяться со схемой гибким проводом. Если схему на рис. 42 удается выполнить достаточно чувствительной, а между точками *А* и *Б* на пластине установить небольшой переменный конденсатор, ее можно использовать и для настройки УПЧ. Конденсатор связи с УПЧ $C_{доп}$ показан пунктиром.

Более дорогим и сложным техническим решением проблемы сопряжения контуров, создающим, однако, некоторые преимущества, является применение в каждом из диапазонов приемника самостоятельного блока, состоящего из входных цепей, УВЧ и смесителя по типу блоков УКВ. В приемнике подобные входные ВЧ блоки подключаются переключателем к общему УПЧ. Применение таких блоков с собственными агрегатами настройки полностью снимает проблему сопряжения, так как емкость каждого из входящих в агрегат переменных конденсаторов может быть специально подогнана для получения практически точного сопряжения с помощью разрезных пластин

в самих конденсаторных секциях. Точное сопряжение может быть получено в одной-двух точках в пределах каждых 15° угла поворота оси φ блока переменных конденсаторов. Блок-схема приемника с подобной входной частью приведена далее. Каждый из диапазонов может настраиваться самостоятельно, взаимное влияние контуров отдельных диапазонов исключено; в приемнике отсутствует сложная и ненадежная в работе деталь — переключатель диапазонов, что резко упрощает монтаж и экранировку отдельных ВЧ узлов. Схемы УВЧ

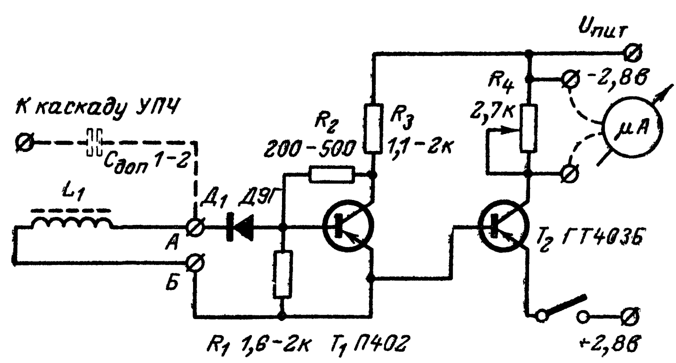


Рис. 42. Схема индикатора для настройки гетеродина приемника.

и входных цепей могут быть сугубо индивидуальными для каждого из диапазонов, собираться на транзисторах или лампах, наиболее пригодных для работы в выбранном диапазоне, а также иметь разное число каскадов, удовлетворяющее условию получения минимальных искажений сигнала при максимальном усилении, и оптимальную полосу пропускания.

Величина энергии полезного сигнала, поступающего на вход приемника, зависит от напряженности поля, создаваемого радиостанцией в месте приема, и параметров приемной антенны. Напряженность поля обычно колеблется от нескольких милливольт на метр до долей микровольта на метр для удаленных станций небольшой мощности. Эффективность приемных антенн характеризуется несколькими параметрами, важнейшим из которых является действующая высота антенны $h_д$, иногда называемая действующей длиной. Действующая высота антенны определяет величину напряжения $E_а$, наводимого полем станции E в приемной антенне, $E_а = Eh_д$. Например, при $E = 1$ *мв/м* и $h_д = 10$ *м*, $E_а = 10$ *мв*. В диапазонах ДВ, СВ и КВ (в последнем при антеннах небольшой длины) геометрическая длина обычных любительских антенн значительно меньше длины волны станции, поэтому действующая высота антенн в этих диапазонах примерно в 1,5—2 раза меньше высоты их подвеса над землей. Если некоторая Т-образная антенна небольшой длины подвешена на высоте 5 *м*, ее действующая высота примерно равна 2,5—3 *м*. По этой же причине комнатные антенны имеют обычно малую величину $h_д$ (не более 1—1,5 *м*) и их эффективность невелика, даже без учета эффекта экранирования антенны металлом арматуры стен из сборного железобетона.

Мала и эффективность коротких вертикальных антенн: действующая высота телескопических антенн переносных приемников в диапазоне КВ (25—50 *м*) составляет всего 30—40 *см*.

Хорошее качество приема у современных приемников обеспечивается за счет высокой чувствительности и избирательности их усилителей. Однако при настройке антенн как обычных контуров в резонанс и особенно при увеличении размеров настроенных антенн (что легче достигается на ВЧ поддиапазонах КВ) эффективность их резко возрастает. Так, короткий симметричный вибратор с геометрической длиной l (причем, $l \ll \lambda/2$) имеет $h_д = 0{,}5\, l$; тот же вибратор с емкостями на концах в виде дисков имеет $h_д \approx l$. Полуволновый симметричный вибратор имеет $h_д = \lambda/\pi$, а полуволновый петлевой вибратор имеет $h_д = 2\lambda/\pi$. Легко видеть, что антенны примерно равной длины, например вибраторы простой и петлевой с дисками на концах и без них, имеют различную эффективность и обеспечивают разные напряжения сигналов. Эту особенность приемных антенн можно использовать для повышения напряжений, создаваемых полями принимаемых станций, и тем самым увеличить отношение сигнал/помеха (т. е. улучшить качество приема в условиях помех). Другой особенностью антенны, которую можно использовать с этой же целью, является ее направленность: свойство зависимости $E_а$ от направления прихода электромагнитной волны, характеризуемое диаграммой направленности. Ширину последней определяет угол, внутри которого $E_а$ не падает ниже уровня 0,7 от своего максимального значения. Коэффициентом направленного действия антенны к. н. д. (его обычно определяют для передающих антенн) при этом называется число, показывающее, во сколько раз мощность, отдаваемая измеряемой антенной, превышает мощность, которую можно получить в данной точке пространства с помощью ненаправленной антенны, имеющей такой же к. н. д.

Большинство коротких Т- и Г-образных антенн, особенно комнатных, обладает слабо выраженным направленным действием. Вибраторные антенны обладают направленным действием, которое тем больше, чем больше их площадь и количество элементов, т. е. чем сложнее эти антенны. Направленным действием обладают и рамочные приемные антенны, а также ферритовые антенны. Такие антенны особенно удобны для радиолюбителей, так как имеют небольшие геометрические размеры. Их действующая высота также зависит от длины волны принимаемого сигнала, что может быть использовано для отстройки от помех. Рамочная антенна представляет собой плоскую катушку индуктивности увеличенных размеров. Ее поперечное сечение бывает различного вида, а длина провода, как правило, меньше длины волны λ ($nl \ll \lambda$, где n — количество витков антенны, а l — длина одного витка).

Действующая высота рамочных антенн

$$h_д = \frac{2\pi}{\lambda} S\, n \cos\varphi,$$

где n — число витков антенны, S — площадь рамки, а φ — угол между плоскостью рамки и направлением на принимаемую станцию. Когда плоскость рамки направлена на передатчик, $\cos\varphi = 1$. Если при этом рамочная антенна настроена в резонанс (обычно с помощью конденсатора), действующая высота ее увеличивается в Q раз:

$$h_{д.рез} = \frac{2\pi}{\lambda} S\, n\, Q,$$

где величины λ, S, n выражены в метрах, а Q — безразмерная величина.

Из выражения для $h_д$ следует, что действующая высота тем больше, чем короче длина волны λ. Высокая чувствительность современных приемников позволяет работать с рамочными антеннами весьма малых размеров. Так, рамочная антенна, размещенная в ручке переносного приемника (ее размеры 240×40 *мм*), имеющая два витка и собственную индуктивность 2,2 *мкгн*, имеет в диапазоне 25—50 *м* добротность (при включенной нагрузке) $Q=80$. Площадь рамки $S \approx \approx 0{,}01$ м², величина $h_д = 2\pi/(25 \div 50) \cdot 0{,}01 \cdot 2 \cdot 80 = 0{,}4 \div 0{,}2$ *м*. Как видно, величина $h_д$ оказывается даже для таких малых размеров рамки относительно высокой. Большие преимущества рамочных (магнитных) антенн заключаются в их малой чувствительности к индустриальным помехам, что резко выражено у экранированных рамочных антенн, провод которых лишен прямого антенного эффекта. У рамочных антенн на диаграмме направленного действия имеется ярко выраженный минимум, поэтому их ориентацией можно добиться повышения отношения сигнал/помеха. На СВ и КВ $h_д$ рамочных антенн выше, чем у ферритовых антенн. Последние также помехоустойчивы, так как являются по сути рамочными антеннами. Их эффективность определяется действием сердечника с высокой магнитной проницаемостью. Для ферритовых антенн $h_д$ вычисляют по формуле для рамочной антенны с рядом поправок, учитывающих начальную магнитную проницаемость, размеры и геометрию ферритового стержня, параметры катушки. Отдельные типы сердечников работают только в определенной полосе частот. Оптимальные размеры ферритовых антенн трудно реализовать. Собственная действующая высота их невелика: она исчисляется несколькими миллиметрами, однако ее также можно повысить в Q раз за счет настройки антенного контура в резонанс с частотой принимаемого сигнала. Так как величина Q может достигать 90—120 и более, то действующая высота будет доходить до 0,15—0,20 *м* на ДВ и до 0,5—0,8 *м* на СВ и в несколько раз превосходить ее геометрические размеры. Следует заметить, что получение подобного увеличения сигнала от антенны сопряжено с рядом трудностей и оказывается проще в приемниках с ламповым каскадом УВЧ, который имеет высокое входное сопротивление. Прямое включение рамочных и ферритовых антенн в цепь транзистора (если только не применен эмиттерный повторитель) невозможно, так как входное сопротивление транзистора в сотни раз меньше резонансного сопротивления высокодобротного контура антенны. Применение отвода или катушки связи с небольшим числом витков значительно ослабляет шунтирование контура и делает возможным получение высокой добротности, но резко снижает величину сигнала E_c до нескольких процентов от наведенной в антенне э. д. с.

2. Повышение помехозащищенности приема в сельских условиях

В большинстве случаев источниками местных промышленных помех в сельских условиях являются высоковольтные линии передач, контактные провода электрифицированных железных дорог, местные сети электропитания, отдельные электрические установки в мастерских, автобазах и предприятиях местной промышленности. Как правило, приемную антенну не окружают десятки и сотни источников

помех со всех сторон, как в городах, и в распоряжении радиолюбителей имеются направления, приход помех с которых менее вероятен. Естественно, что всегда существуют различия в местных условиях приема, однако следует отметить, что для сельских радиолюбителей имеются сходные и весьма благоприятные условия приема. При отсутствии интенсивных промышленных помех эти условия заключаются в возможности применения устройств подавления атмосферных помех, а также в возможности размещения антенн значительных размеров. К нежелательным факторам, влияющим на работу приемников в сельской местности, относится нестабильность напряжений местных электрических сетей.

Из сказанного не следует делать вывод, что в сельских условиях нужно устанавливать антенны длиной в сотни метров: они только увеличат интенсивность приема атмосферных помех. Установка на достаточной высоте порядка 15—20 *м* антенны из медного канатика длиной 20—30 *м* на хороших изоляторах обеспечит $h_д$ до 15—20 *м* и позволит получить значительное напряжение сигнала на ДВ и СВ, даже не прибегая к направленным антеннам (рамочным и ферритовым), которые не всегда смогут обеспечить такую величину $h_д$. При наличии помех в указанных диапазонах можно использовать рамочные антенны. В диапазоне КВ желательно использовать симметричные антенны, например диполи. На СВ и ДВ они имеют очень большие размеры, кроме того, на этих диапазонах передающие антенны имеют вертикальную поляризацию.

В сельских местностях существенным образом определяют типы приемных антенн и наличие или отсутствие точек подвеса антенны. При наличии двух точек подвеса на высоте 15—20 *м* и наличии шеста из изоляционного материала (пластика, бамбука) длиной 9 *м* сельские радиолюбители могут выполнить сложные, но высокоэффективные антенны типа «перевернутое V». Антенна представляет собой траверсу (шест), к которой подвешены и растянуты к земле оттяжками из непроводящего шнура элементы: два для диапазона 80 *м* и два для 40 *м*, выполненные из медной проволоки. Каждая пара элементов антенны представляет собой вибратор и рефлектор. Настройка антенны производится изменением длины лучей.

При использовании подобной антенны на других волнах длины ее лучей должны быть пропорционально изменены. Траверса может быть одновременно использована для крепления антенны типа «волновой канал» для более коротких длин волн. Антенны «волновой канал» могут быть выполнены и без опорного шеста, но для их крепления необходимо иметь тогда четыре точки подвеса. При использовании на КВ антенн типа «волновой канал» с директорами (2—3) и рефлектором могут быть получены высокие значения коэффициента направленного действия и антенны смогут обеспечить столь высокое напряжение сигнала, что даже приемники устаревшего типа с небольшими переделками, направленными на повышение их избирательности и улучшение УНЧ, смогут обеспечить высокое качество приема. Необходимая переделка приемников может сводиться только к установке в УПЧ пьезокерамического фильтра.

При мощном полезном сигнале можно избежать переделок входной части приемника. На входе приемника следует разместить *LC*-фильтр. Его можно выполнить на сдвоенном переменном конденсаторе по схеме связанных контуров с тем, чтобы не искажать характеристику собственных входных цепей приемника, но в случае необходимости значительно увеличить затухание вне их полосы пропускания.

Для ослабления влияния атмосферных помех желательно предусмотреть изменение (сужение) полосы пропускания УПЧ, установить дополнительные регулировки и аттенюатор на входе приемника. Кроме того, желательно включить на выходе детектора подавитель импульсных помех.

Практическая реализация направленных свойств дипольных антенн требует их настройки на рабочей высоте (для учета влияния земли). Для облегчения такой настройки следует применять временные узлы для соединения элементов антенн, пользуясь оттяжками *1* из

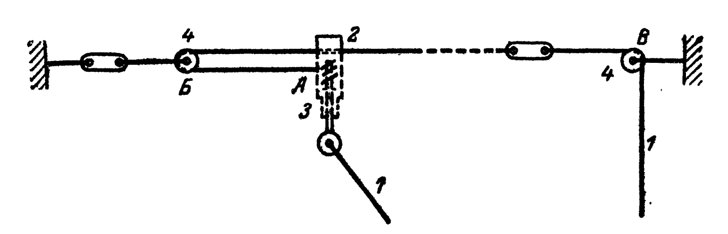


Рис. 43. Приспособление для настройки высоко поднятых антенн.

непроводящего шнура, как показано на рис. 43. После настройки антенн их опускают на землю, отмечают места соединения элементов, снимают временные узлы, пропаивают соединения и вновь поднимают антенны на рабочую высоту. С помощью показанного на рис. 43 ползуна *2*, внутри которого находится подпружиненный стержень *3*, а также металлических и непроводящих блоков *4* можно создавать антенны с регулируемой и даже управляемой из помещения длиной для работы в нескольких диапазонах.

Легко видеть, что, приложив усилие к непроводящему тросу, перекинутому через блок в точке *В*, и опустив ползун с помощью второго такого же троса, привязанного к подпружиненному стержню ползуна в точке *А*, можно удлинить антенну (увеличить расстояние между точками *Б* и *В*) или изменить длину лучей вибратора (диполя).

При наличии четырех достаточно высоких точек подвеса можно использовать весьма эффективные в сельских условиях ромбические антенны. Такие антенны имеют вид ромба из четырех проводников длиной 5—8 длин волн каждый. Антенна для работы в диапазонах КВ может иметь общую протяженность до 100—120 *м*. Она имеет сопротивление 600—700 *ом*. Два луча в одном конце ромба соединяются с фидером сопротивления 600—700 *ом*, а в разрыв провода антенны на другом конце (эта сторона ромба направляется в сторону корреспондента — передающей станции) впаивается такое же омическое сопротивление. Данные антенны имеют коэффициент усиления до 40 и могут создавать значительные напряжения полезного сигнала в условиях небольших помех, так как они имеют очень большую площадь. Радиолюбитель, имеющий в своем распоряжении такую антенну и один-два диполя с рефлекторами, может при необходимости переключать их, используя ту антенну, которая в данное время суток на выбранном диапазоне обеспечивает максимальное напряжение

сигнала и минимальный уровень помех. При разносе двух КВ антенн на 5—8 длин волн при наличии двух идентичных антенных усилителей и коаксиальных кабелей или двухпроводных линий значительной длины можно значительно ослабить и влияние быстрых замираний сигналов, так как одновременное замирание сигналов, принятых на разнесенные (иногда и подвешенные на разных высотах) антенны, имеет малую вероятность. Для существенного ослабления явления замирания принимаемых сигиалов прием небходимо вести сразу на две антенны двумя индентичными приемниками. Это достаточно сложно, однако радиолюбительский прием как при использовании нескольких переключаемых антенн, так, особенно, при приеме на две антенны одновременно приобретает профессиональные черты. В сельских условиях в отдельные периоды времени уровень всех видов помех понижен, поэтому у приемников могут быть реализованы предельные значения их чувствительности. Для ее повышения можно усовершенствовать схемы УВЧ, применять малошумящие каскодные схемы (например, на нувисторах с большой крутизной).

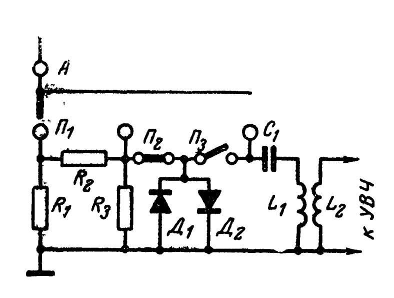


Рис. 44. Схема аттенюатора.

Чем выше чувствительность приемника и эффективность антенны, тем более необходимы дополнительные регуляторы усиления и аттенюатор на входе приемника, ослабляющие полезный сигнал и помехи. Его действие снижает уровень перекрестных и нелинейных искажений и улучшает работу преобразователя при приеме местных станций. Аттенюатор на резисторах R_1—R_3 (рис. 44) в последнее время стали дополнять одним звеном, действующим автоматически. Такое звено содержит два встречно включенных диода $Д_1$ и $Д_2$, сопротивление которых падает при росте сигнала. Антенны достаточной длины (особенно высокие) должны быть заземлены. Автоматическая схема заземления антенн легко осуществляется в ламповых приемниках: при подаче питания накала к лампам от напряжения 6 *в* срабатывает реле, включающее антенну; при выключении приемника антенна автоматически заземляется.

3. Уменьшение влияния помех при приеме в пригородах

Следует сделать несколько замечаний относительно особенностей приема в условиях пригорода. Основным критерием современного радиоприема является качество воспроизведения. Сегодня уже радиолюбители не стремятся любой ценой принять удаленные станции на сильном фоне помех. Поэтому основные меры по повышению качества приема сводятся к уменьшению даже относительно небольших помех.

Значительное повышение качества воспроизведения программ радиовещания возможно прежде всего на УКВ. Так как прием ЧМ сигналов УКВ вещания обеспечивается в пригородах больших городов, в которых имеются УКВ станции, радиолюбителям пригородных зон

следует прежде всего организовать именно этот вид приема, при котором помехи имеют минимальный уровень, а полоса воспроизводимых частот широка.

Для обеспечения дальнего приема УКВ вещания необходимо использовать технику, аналогичную технике приема звукового сопровождения телевидения, строить направленные антенны телевизионного типа. Так как частоты УКВ станций могут несколько отличаться от средних частот соответствующих каналов телевизионных программ, длины антенн при дальнем приеме необходимо несколько подкорректировать. Прием сигналов близких и мощных станций УКВ вещания может производиться на обычные телевизионные антенны, ориентированные на телецентр.

В других диапазонах положение изменяется. Город представляет собой зону образования мощных радиошумов и помех; в зоне пригорода направление прихода наиболее интенсивных помех совпадает с направлением на центр города. Так как на многих участках радиодиапазонов (см. гл. 1) помехи со стороны промышленных источников находящихся в городе, оказывают воздействие на десятки километров (при достаточной чувствительности приемников), прием с направления, соответствующего положению города, большую часть суток будет затруднен.

Особенностью пригородных условий будет и значительно большее количество «собственных» источников промышленных помех, нежели в сельской местности. Если учесть, что на некоторых диапазонах «закрытым» в течение части суток остается и направление в сторону солнца, то количество секторов приема, свободных от помех, для пригородных условий значительно сокращается. Из сказанного следует сделать важный вывод о том, что прием в условиях пригородов крупных городов желательно вести только на направленные антенны В то же время возможности размещения антенн относительно больших размеров (даже не более 25—30 *м*) в пригородах резко сокращаются. Поэтому радиолюбителям необходимо обратить серьезное внимание на направленные антенны сравнительно небольших размеров: рамочные антенны СВ и ДВ и дипольные антенны для приема в диапазонах КВ. Легко видеть, что при ограничении максимальных размеров антенн до 15—20 *м* укороченные дипольные антенны можно использовать для приема во всех КВ диапазонах, вплоть до 75 *м* Этими антеннами могут воспользоваться радиолюбители, имеющие участки около дома.

Особенности условий приема в пригородах вызваны и различием типов жилых домов. Так, например, в пригородах приобретают значительное распространение дома из сборного железобетона. Если рамочные антенны можно было размещать на крышах домов и даже внутри кирпичных или деревянных зданий, то эффективность тех же антенн внутри железобетонных зданий резко снижается. В зависимости от длины волны, направления прихода радиоволн и положения приемника внутри дома степень экранирования встроенной в него ферритовой или рамочной антенны изменяется. В среднем при таких условиях ослабление сигналов может оцениваться в 20—25 *дб*.

Разнообразие жилищных условий (от одноэтажных деревянных домов до 9—12-этажных зданий из сборного железобетона) предполагает и большое разнообразие условий для устройства антенн. Радиолюбитель, живущий в современном доме, имеет коллективную антенну для телевидения и приема УКВ станций, но он лишен возможности установить наружные антенны для других диапазонов

Радиолюбитель, живущий в небольшом доме, при котором есть участок, может установить мачту на крыше и смонтировать на ней телевизионную антенну для приема УКВ станций, а также рамочную антенну для приема на СВ и КВ; может укрепить между мачтой на крыше и отдельным деревом дипольную антенну. Он может, учитывая незначительное поглощение радиоволн, устроить направленную дипольную антенну для КВ диапазона непосредственно в квартире, если фасад здания обращен в сторону района расположения принимаемой станции, а источники помех частично экранируются зданием или находятся в направлениях, соответствующих минимумам диаграммы направленности антенны. В отдельных благоприятных случаях внутри комнат относительно небольшого дома можно разместить направленную антенну, состоящую из вибратора и рефлектора, сделанных из провода диаметром 2—3,5 *мм*, для работы в диапазоне 25 *м*. Общая длина вибратора (рис. 45) составит при этом 12,6 *м*, длина рефлектора 13 *м*, расстояние между ними 3,46 *м*. Если перед зданием на расстоянии 3 *м* от вибратора можно подвесить достаточно жесткий провод, который будет играть роль директора, то его установка даст дополнительное улучшение процесса приема и ослабление влияния помех. Длина директора 10,9 *м*. Такая антенна позволит вести прием в условиях существенных местных помех и помех со стороны города в том случае, когда линия приемник — станция пересекает некоторые районы города (желательно вне зоны его центра). КВ антенны можно не только видоизменять, увеличивая соответствующие длины элементов антенны и расстояния между ними, но и пропорционально их укорачивая. Подбирая размеры дисков емкостных насадок на концах диполя и число витков небольших удлиняющих катушек индуктивности у основания вибраторов для работы в диапазонах 30—50 *м* (например, для диапазона 30 *м* каждая катушка индуктивности содержит пять витков из проволоки диаметром 3—5 *мм*, длина и диаметр катушки 60 *мм*), можно успешно вести прием в условиях помех на диполь с размерами до 0,35—0,3λ. Для диапазона 30 *м* длина укороченного диполя с удлиняющими катушками и дисками обычно составляет 10—12 *м*.

Вместо трехэлементной антенны типа волновой канал (рис. 45) можно в тех же условиях использовать логопериодическую антенну (ЛПА) с тремя парами вибраторов. При той же эффективности она имеет несколько большую широкополосность и меньшие габариты; для $\lambda_{макс}=25$ *м* она имеет «глубину» вместо 6,46 *м* (как у антенны на рис. 45) всего 3,25 *м*. Для изготовления ЛПА нужны металлические трубки или стержни длиной до $0{,}27\lambda_{макс}$.

Если внутри здания уровень местных помех высок, антенну следует вынести из него. При этом при относительно небольшом общем уровне индустриальных помех в пригороде можно применять упрощенные снижения. На рис. 46 приведена схема универсальной антенны (размеры лучей приведены на рисунке) для диапазонов от 16 до 50 *м*. В районе центрального изолятора к проводникам лучей в точках *А* и *Б* антенны припаивают снижение из провода ПРГН или осветительного шнура. На входе приемника можно установить трансформатор. Для связи с относительно невысокими антеннами можно использовать и фидеры.

Схема упрощенного симметрирующего устройства для фидера дипольной антенны в виде керамической трубки длиной 100 *мм* со спиральной обмоткой приведена на рис. 47. Число витков двойной спирали берется от 12 до 15, расстояние между соседними витками

составляет 5—6 *мм*, провод спирали ПЭЛ 2,0—3,0 *мм*, диаметр трубки или диэлектрического стержня равен 20—36 *мм*. Фидер соединяется с лучами антенны на изоляторе в точках *А* и *Б*.

Коротковолновые рамочные антенны, размещенные на мачтах телевизионных антенн, не оказывают действия на работу УКВ антенны

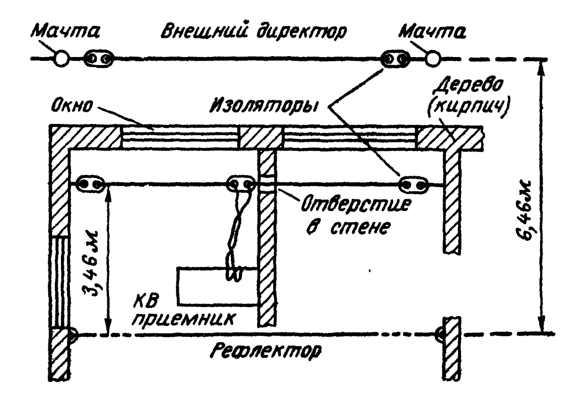


Рис. 45. Размещение направленной КВ антенны внутри деревянного здания.

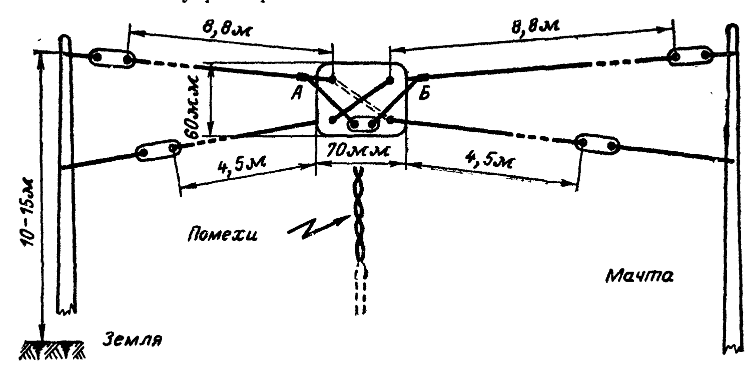


Рис. 46. Универсальная КВ антенна с двухпроводным снижением.

и ее рефлектора, однако УКВ антенна направлена на телецентр, а направление максимума диаграммы рамочной КВ антенны будет совпадать с плоскостью витков КВ рамки. Это обстоятельство позволит ослабить влияние помех, приходящих на КВ из района центра города, так как в этом направлении у приемной КВ рамки будет минимум на диаграмме. На мачте над домом можно размещать несколько рамочных антенн (одна в другой) и использовать их на разных диапазонах для приема с одного определенного направления. При желании можно изменить это направление для того, чтобы отстроиться от

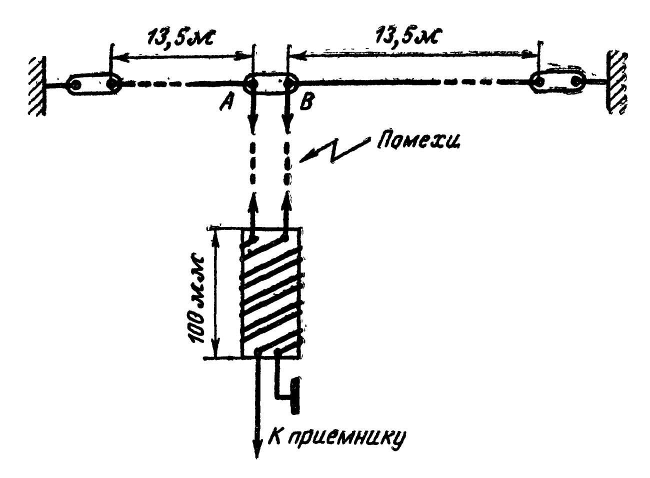


Рис. 47. Универсальная КВ антенна с фидером и симметрирующим устройством в виде двойной спиральной обмотки.

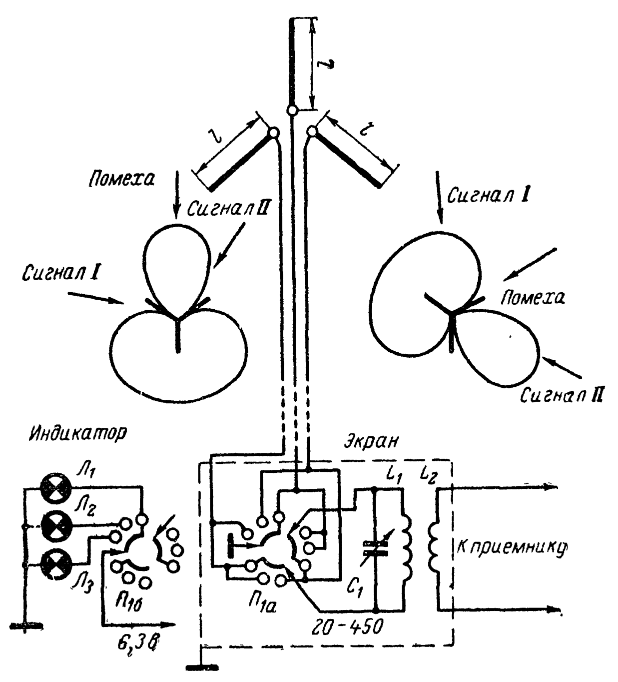


Рис. 48. Система из трех неподвижных уголковых вибраторов.

сильных помех, приходящих со стороны какого-либо района города, а также от помех местных источников, находящихся в самом пригороде. При этом следует поворачивать мачту или использовать антенны с управляемой характеристикой. Если источников сильных помех немного, угол, на который нужно смещать диаграмму антенны, может устанавливаться достаточно грубо. На рис. 48 приведена схема системы из трех горизонтальных уголковых полуволновых вибраторов из антенного канатика толщиной 3—3,5 *мм*, подвешенных к трем точкам опоры и расположенных под углами 120° друг к другу. Фидер системы выполнен из провода ПРВПМ. К двухпроводному отрезку прикрепляется третий проводник подобного же провода с помощью хлорвиниловой ленты. Проводники фидера переключаются переключателем, изменяющим пространственное положение диаграммы и одновременно коммутирующим индикаторные лампы.

При работе в диапазоне 80 *м* длина каждого луча вибратора равна 19,1 *м*. Данные катушек: L_1 — три витка провода ПЭ 2,0, диаметр катушки 30 *мм*; L_2 — шесть витков того же провода, диаметр катушки 40 *мм*. Для диапазона 40 *м* антенна используется без переделок, для более коротких волн вибраторы необходимо укоротить. Возможно применение фидера из кабелей. Отстройка от помех (например, для случая одного источника мощных помех при приеме сигналов *I* и *II* с двух направлений) производится подключением контура L_1C_1 к одной из пар проводов фидера. Положение минимума диаграммы индуцируется с помощью лампочек $Л_1$—$Л_3$, коммутируемых второй секцией общего переключателя $П_{1б}$.

В условиях пригородов при небольших уровнях индустриальных помех на всех диапазонах до ДВ включительно весьма эффективны рамочные антенны большой площади (до 10 *м*²). Для работы в диапазонах ДВ и СВ они выполняются многовитковыми, а для большинства диапазонов КВ — одновитковыми. При повышенном уровне помех более эффективны полностью экранированные рамочные антенны (хотя и меньшей площади, так как экран получается достаточно громоздким) они позволяют получить значительные напряжения сигнала (особенно в случае настройки антенны в резонанс) и поэтому обеспечивают возможность затраты части напряжения на улучшение фильтрации сигналов (например, *LC*-фильтрами) на входе приемника, позволяют применить более простые схемы УВЧ с пониженным усилением, в которых невелик уровень помех, различных шумов и искажений, возникающих в процессе усиления,.

Отстройка от помех обеспечивается и ориентацией антенн особенно для экранированных рамочных и ферритовых, лишенных прямого антенного эффекта. Экранированные РА можно создать с помощью экранированного кабеля и деревянной опоры, а также из брусков пенопласта П-образного сечения. Эти бруски склеиваются в прямоугольник таким образом, чтобы через открытую часть можно было намотать обмотку. Проволоку витков можно разместить при этом на гребенчатых вырезах или подставках на короткой части брусков. После намотки витков открытую часть закрывают пластинами из пенопласта и поверх брусков накладывают металлическую фольгу (не замыкая кольцо экрана), вывод от которой заземляют.

Всеволновая рамочная антенна больших размеров приведена на рис. 49. Она монтируется на мачте высотой $h = 9$ *м* и имеет площадь полотна до 20 *м*². Если подобную антенну настраивать, например, только в одном выбранном диапазоне, ее эффективность может быть очень высокой.

Если вращение антенны для ее ориентации затруднено, на мачте устанавливают две взаимно перпендикулярные РА, а на входе приемника включают гониометр — систему из двух взаимно перпендикулярных неподвижных катушек (каждая из них имеет по две секции) и подвижной катушки с выводами *А* и *Б* через ось (рис. 50, *а*, *б*). Расположение полей катушек соответствует расположению полей их РА, поэтому, изменяя положение центральной подвижной катушки, можно плавно изменять положение минимума диаграммы направ-

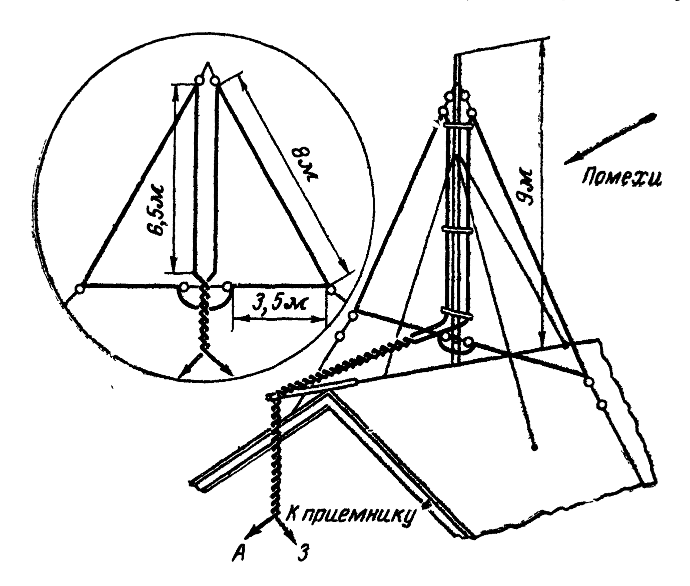


Рис. 49. Универсальная РА большой площади.

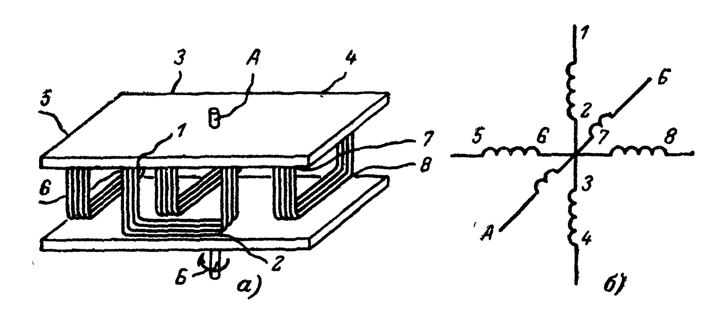


Рис. 50. Гониометр.

а — вид гониометра и расположение катушек; *б* — схема соединения секций катушек гониометра; *1* и *2* — выводы передней катушки; *3* и *4* — выводы задней катушки (рис. 50, *а*); *5* и *6* (*7* и *8*) — соответственно выводы правой и левой катушек

ленности антенны в пространстве и отстроиться от наиболее сильных помех, приходящих с определенных направлений.

Дискретно смещать положение минимума диаграммы рамочной антенны можно и другим путем. На мачте с помощью оттяжек монтируют две-три одинаковые рамочные антенны, обладающие различной ориентацией; переключая их выводы, добиваются в случае необ-

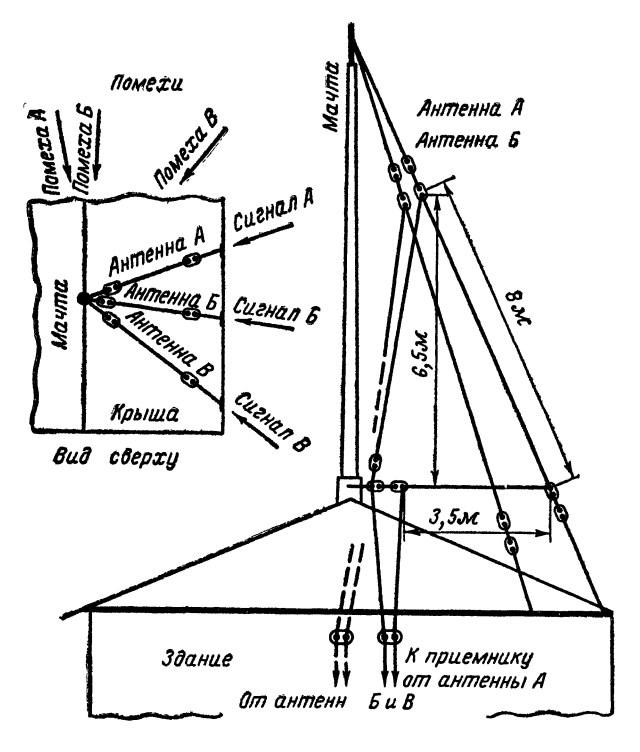


Рис. 51. Система из трех неподвижных рамок большой площади на крыше здания, позволяющая вести отстройку от помех трех мощных источников в определенном секторе.

ходимости изменения положения диаграммы направленности в пространстве (рис. 51).

Для увеличения сигнала от рамочной антенны надо увеличивать ее площадь, но чрезмерно большая РА не может иметь значительного числа витков, так как их индуктивность растет и для их настройки необходимо применять конденсаторы очень малой емкости. Если РА больших размеров имеет недостаточную жесткость, ее витки могут смещаться, колебаться при ветре и собственная емкость антенны становится нестабильной.

Небольшая, но механически жесткая экранированная РА с небольшой межвитковой емкостью обеспечит лучшие результаты при плохих погодных условиях, особенно тогда, когда она тщательно вы-

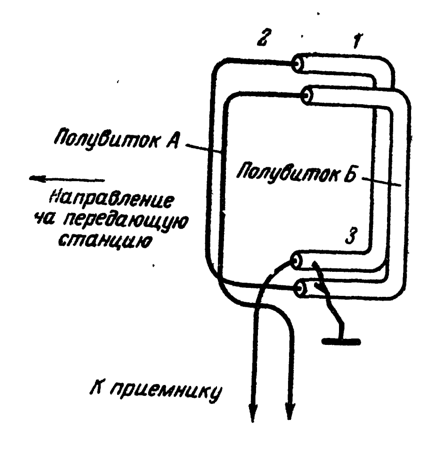


Рис. 52. Рамочная антенна с экранированными полувитками:

1 — экран; 2 — неэкранированные полувитки; 3 — перемычка (заземлена).

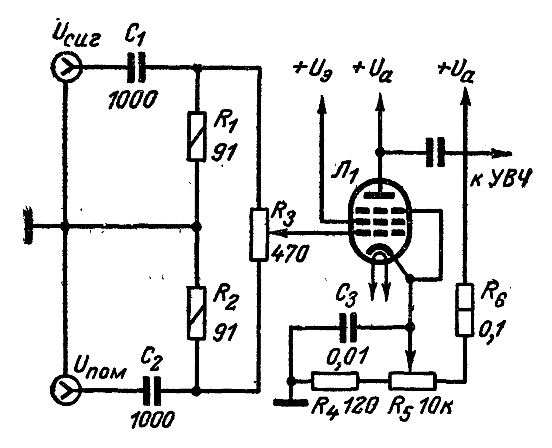


Рис. 53. Схема устройства для вычитания напряжений помех.

полнена. Однако РА малых размеров недостаточно эффективны и не позволяют использовать в полной мере благоприятные условия приема. Поэтому после определения рабочего диапазона РА следует установить емкость конденсатора настройки рамки, оценить ее пре-

дельную индуктивность, размеры, число витков. В ряде случаев более целесообразно использовать две рамки меньшей площади, жестко зафиксированные на мачте, совместно с гониометром, подключенным ко входу приемника. Для повышения напряжения сигнала с РА можно использовать и специальное экранирование РА, при котором экранируется только половина витков РА (полувитки *Б*), являющихся нерабочими по отношению к полувиткам *А* (рис. 52), так как в них протекают токи противоположного направления, хотя конструкция такой РА сложнее.

В заключение следует сказать о более сложном, но весьма эффективном методе борьбы с помехами, называемом компенсационным. Он может быть использован в сельских и пригородных зонах, так как требует наличия двух антенн: основной — остронаправленной для приема сигнала и вспомогательной, слабонаправленной или даже ненаправленной (при наличи многих источников помех) для приема помехи. Сигнал с помехой, принятый первой антенной, поступает на вход приемника вместе с сигналом помехи, поданным в противофазе с отдельной антенны; при равенстве амплитуд происходит взаимная компенсация помех. Основную антенну ориентируют так, чтобы принятые ею помехи были минимальными и потом по возможности полнее компенсировались. Легко видеть, что если сигнал $U_{сиг}$ и помеха $U_{п}$ приходят с разных направлений, такая компенсация возможна.

Для вычитания помех используется схема на рис. 53. На ее входы могут подаваться сигналы от рамочных антенн и сложных дипольных КВ антенн. Для улучшения компенсации можно дополнительно регулировать уровень наводимой в антенне помехи, изменяя эффективность вспомогательной антенны, ориентируя ее.

Для компенсации помех при УКВ приеме следует применять фазирующую линию, подобную СВЧ линиям, используемых с такой же целью. Она состоит из отрезка двухпроводной или коаксиальной линии длиной $\lambda/4$—$\lambda/2$. Никакие переделки входных цепей приемника при этом не нужны. В наиболее тяжелом случае, когда местная помеха и сигнал более удаленной станции приходят с одного направления, можно использовать всегда имеющуюся разницу в углах их прихода. Подбирая высоту подвеса основной и компенсирующей антенн над землей, можно добиться положения, когда полезный сигнал будет приходить с направления, более близкого к направлению максимума диаграммы направленности основной антенны в вертикальной плоскости, а помеха будет попадать в зону минимума. Такая компенсация в ряде случаев относительно просто осуществима, так как диаграммы направленного действия многих антенн в вертикальной плоскости с учетом влияния земли имеют серию лепестков, расположенных под разными углами.

4. Уменьшение влияния помех при приеме в условиях большого города

Схемы входных цепей массовых приемников не предусматривают мер борьбы с помехами и не приспособлены для подключения, например, симметричных антенн (кроме диполя УКВ). Для получения равномерной передачи по диапазону собственные резонансы первичных обмоток входных трансформаторов выбираются на частотах, лежащих вне границ соответствующих диапазонов, что также способствует усилению влияния помех, так как на упомянутых частотах

могут действовать очень мощные излучатели помех, напряжения которых будут поэтому особенно сильно влиять на УВЧ или преобразователь. Борьба с помехами в городе сильно осложняется подчас невозможностью использования вынесенных за пределы здания (и направленных) антенн, а также тем, что многочисленные местные источники помех близки к приемникам. Высокая чувствительность современных приемников и радиол, большая мощность радиовещательных станций позволяют, однако, вести уверенный прием на «суррогат» антенны часто длиной в несколько десятков сантиметров. При этом и комнатная и встроенная ферритовая антенны приемника оказываются как бы в экранированной камере, образованной многослойной арматурой бетона. Заметим, что указанное экранирование не только ослабляет поле полезных сигналов, но и как бы концентрирует поля местных помех в зоне антенны. Поэтому в условиях городской квартиры важно повышать сигнал и ослаблять влияние помех одновременно. Для этого необходимо использовать антенны с минимальной чувствительностью к помехам, размещать их в проемах окон, в лоджиях, на балконах. Важно, чтобы они были более направленными и по возможности миниатюрными. Однако направленность антенн часто не может быть использована полностью: мешает экранирующее действие самого здания.

Как уже отмечалось, дипольные антенны могут применяться во всех поддиапазонах КВ при уменьшении их размеров (путем введения удлиняющих индуктивностей и емкостных насадок) до величины 0,4—0,3 λ. При их укорочении до 0,2—0,15 и более значительно возрастает добротность антенны $Q_а$ и сужается ее рабочая полоса частот, но растут и реактивные составляющие комплексного сопротивления антенны. Для их компенсации в антенну вводят реактивные элементы, а для увеличения амплитуды полезного сигнала — усилительный элемент на лампе или транзисторе; сверхмалогабаритная антенна становится активной. Расчет таких антенн достаточно сложен, а путь подбора необходимых размеров методом «проб и ошибок» трудоемок.

Для установки малогабаритных антенн можно использовать окно с размерами до 1,5×2,0 *м*, лоджию или балкон (длиной 2,5—3,5 *м*). Для сохранения внешнего вида балкона на нем исключается установка мачт или дополнительных опор. Радиолюбители обычно обращают внимание на рамочные антенны, рост размеров которых вызывает рост их площади в квадрате. Легко видеть, что при указанных размерах помещения, предназначенного для установки антенн, площади РА могут составлять 2—3 *м*² и данный тип антенны может быть весьма эффективным на более коротких волнах. При установке РА в окнах и на балконах может возникнуть, однако, следующее затруднение. Как известно, максимум диаграммы направленности РА находится в плоскости ее витков, поэтому в том случае, когда плоскость РА параллельна плоскости стекол окна, ее витки частично затеняются стенами, что снижает напряжение сигнала, а направление на выбранную станцию определяется самим положением дома. Если РА вынесена на балкон, то там ее положение можно несколько изменять (на 25—30°). Поэтому на окне или у окна лучше монтировать две небольшие РА, расположенные под углом друг к другу, а сигнал на приемник отводить с гониометра. В некоторых случаях РА можно укреплять на переплетах окон так, чтобы часть их выходила на 15—25 *см* за пределы окна, это позволит поставить две РА почти под прямым углом друг к другу и осуществлять изменение положе-

ния суммарной диаграммы направленности в значительно большем секторе (естественно, также с помощью гониометра).

При больших размерах неэкранированных РА возрастает прямой антенный эффект, минимум на диаграмме РА сглаживается, чувствительность к помехам возрастает. При изготовлении РА надо поэтому тщательно симметрировать витки и заземлять их так же, как и обмотки гониометра. Размещая РА, надо стараться, чтобы ее части были симметричны по отношению к источникам помех, трубам, электросетям; необходимо экранировать гониометр и кабель связи его с приемником. С применением полностью экранированных РА многие

Таблица 6

Вид рамки	Диаметр провода антенны d	Диаметр рамки D (или сторона квадратной рамочной антенны d), *м*						
		0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8
Круг	2 *мм*	2,2	3,1	3,9	4,7	5,5	6,4	7,2
	5 *мм*	2,0	2,7	3,3	4,0	4,7	5,5	6,1
Квадрат	2 *мм*	2,8	3,9	5,1	6,3			
	5 *мм*	2,5	3,5	4,5	5,7			

из указанных трудностей отпадают. При расчете антенн можно пользоваться данными табл. 6, где приведена примерная индуктивность одновитковых РА (*мкгн*), данными LC-контуров и параметрами переменных конденсаторов, взятыми из справочников.

При двухвитковых РА индуктивность иногда уже чрезмерно велика. Так как сигнал, снимаемый с РА большой площади, как правило, достаточно велик, необходимость в антенном усилителе большей частью отпадает. При увеличении размеров РА растет длина проводников, уменьшается механическая жесткость антенны. Однако основное противоречие заключается в росте индуктивности антенны $L_а$. Следствием ее роста является падение эффективности рамки α, оцениваемой выражением $\alpha = h_д \sqrt{Q_а/L_а}$, по которому определяется реальная чувствительность приемника с РА при заданном отношении сигнал/шум, где $Q_а$ — добротность РА, а $h_д$ — действующая высота, зависящая от площади. Для получения чувствительных многовитковых рамок снижают межвитковые емкости, уменьшают потери путем применения провода с малым сопротивлением и высококачественной изоляцией, стараются получить максимальное напряжение на РА, добиваясь резонанса путем настройки антенны, как и в случае обычного контура. Переменный конденсатор настройки РА устанавливают на передней панели приемника или используют конденсатор блока настройки (при одной рамке).

Еще одно противоречие возникает при установке РА в оконном проеме перпендикулярно окну, являющемуся радиопрозрачным. При таком расположении РА часть витков, расположенная ближе к стеклу окна, затеняется металлом арматуры стен незначительно, а часть витков, находящаяся в глубине комнаты, затеняется более сильно.

На эту часть рамочной антенны к тому же оказывают непосредственное и подчас довольно значительное воздействие местные помехи, проникающие в цепь антенны через емкость между РА и электросетью здания, на которую наведено напряжение помех.

Оба противоречия можно частично разрешить. Одним из способов повышения действующей высоты РА является размещение вблизи ее витков короткозамкнутого проводника. Этот проводник размагничивает поле рабочих витков, и самоиндукция рамки (как и в случае обычного контура с замкнутым витком) уменьшается. При этом, естественно, падает и э. д. с. РА, снижается ее добротность, расширяется резонансная кривая, но так как площадь РА остается большой, эффективность антенны даже увеличивается,. Например, РА из двух витков диаметром 30 *см* имеет индуктивность 3 *мкгн*. При замыкании одного витка накоротко оставшийся виток имеет индуктивность 0,8 *мкгн*, что соответствует индуктивности некоторой РА с диаметром 10 *см*. Добротность РА при этом падает в 1,8 раза, но ее чувствительность (действующая высота) остается в 5 раз выше, чем у РА из одного витка с диаметром 10 *см*.

Расширение полосы пропускания может быть также полезно использовано, когда антенна работает в полосе частот, а не на фиксированной частоте. Уменьшение влияния местных помех для рассматриваемого случая происходит при общем экранировании рамки.

Теперь рассмотрим ферритовые антенны. Ферритовые антенны (ФА) массовых приемников недостаточно эффективны. Даже если установить приемник с ФА непосредственно на окне, значительно увеличить напряжение полезного сигнала не удается. Типовые приемные антенны имеют небольшие размеры (при вращении антенны внутри корпуса диаметр круга, описываемого стержнем ФА, должен быть меньше глубины ящика). Ферритовые антенны в приемнике обычно затеняются частью металлических деталей, установленных на шасси; на антенну влияют магнитные поля выходного и силового трансформаторов, дросселя и магнитов расположенных рядом динамиков.

Значительно лучшие результаты можно получить от вынесенной ФА увеличенных размеров. Эту антенну в простейшем случае можно разместить на самом приемнике и поворачивать ее от руки. Удобно вмонтировать такую антенну в брусок из пенопласта; в случае необходимости весь брусок экранируют фольгой (оставив продольный паз 5—6 *мм*); в этом же бруске можно укрепить дополнитльный конденсатор настройки антенны и антенный усилитель. Схема подобного усилителя на транзисторе П403 приведена на рис. 54. Усилитель предназначен для увеличения напряжения, снимаемого с отвода антенной катушки (наличие последнего необходимо для уменьшения шунтирования антенны транзистором). Усилитель облегчает согласование антенны с приемником, особенно при значительном удалении их друг от друга, например при вынесении ФА на балкон, т. е. при использовании коаксиального кабеля. Так как вынесенная на балкон ФА частично экранируется самим зданием, ее поворот может осуществляться только в секторе 60—120°.

Механизм управления конденсатором C_1 и поворотом вынесенной ФА показан на рис. 55. Когда к ФА присоединен ламповый усилитель или катодный повторитель, обмотка ФА может включаться полностью, что способствует значительному повышению напряжения сигнала. Величина $h_д$ возрастает и при применении составных стержней, особенно если одновременно растет длина ФА при сохранении

оптимального отношения l/d. В центральной части составного стержня (в месте приложения катушки) может быть поставлена прокладка из диэлектрика или оставлен зазор, что обеспечивает концентрацию силовых линий поля ФА в зоне витков катушки. С этой же целью сердечник выполняют из стержней разных марок: краевые стержни, например, из феррита марки 600 НН, а центральный — из феррита

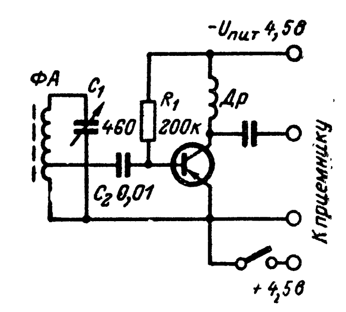


Рис. 54. Схема усилителя для вынесенной на балкон ферритовой антенны.

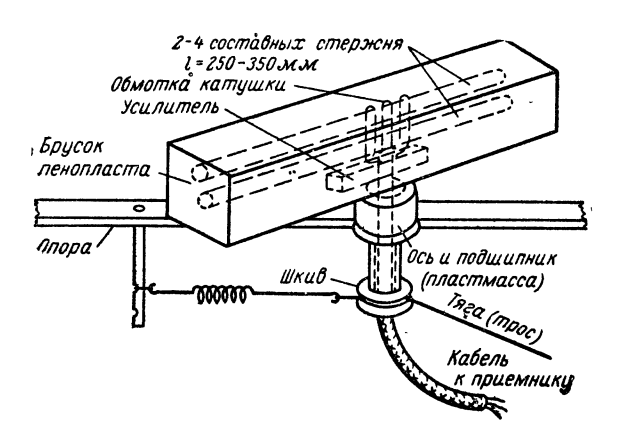


Рис. 55. Механизм дистанционного управления поворотом вынесенной ФА.

100 НН. Оценить эффективность ФА можно, пользуясь вспомогательной квадратной рамкой и генератором сигналов, например ГСС-6.

Квадратная рамка из провода диаметром 4 *мм* и размерами сторон 38×38 *см*, соединенная кабелем через непроволочный резистор 80 *ом* с аттенюатором генератора, создает на расстоянии 1 *м* от ее центра поле с напряженностью (в микровольтах на метр), равной показаниям аттенюатора генератора (в микровольтах). Если, сохраняя перпендикулярность ФА рамке, приблизить ее вдоль линии центра до расстояния 0,42 *м*, то напряженность поля возрастет в 10 раз.

При наборе сердечника из пучка в составе n стержней полезная площадь ФА и $h_д$ увеличивается в $n^{0,42}$ раза, а индуктивность — в $n^{0,38}$ раз, если отношение длины сердечника к суммарному диаметру стержня остается большим. Поэтому стержни небольшого диаметра и длины склеивают торцами, а затем набирают в пучок. Некоторое увеличение снимаемой с обмотки ФА э. д. с. происходит даже при ином положении стержней в составном сердечнике, например в положении, показанном на рис. 56, *а*.

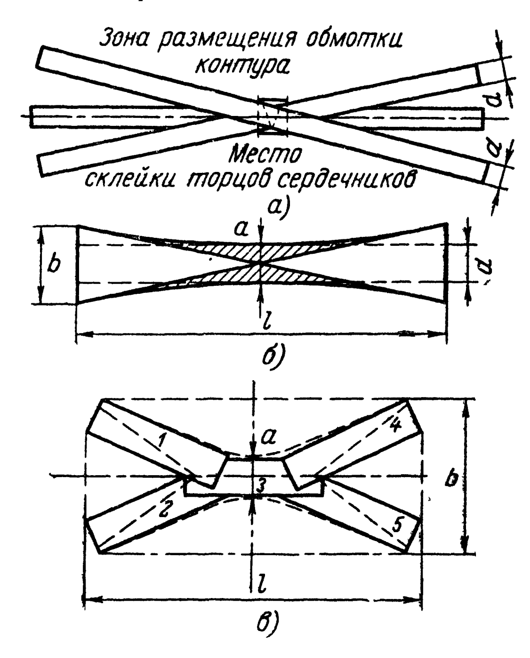


Рис. 56. Ферритовый сердечник в виде гиперболоида.

Увеличение э. д. с. ФА в этом случае происходит потому, что форма составного магнитного сердечника значительно более соответствует характеру расположения силовых линий поля около него, нежели около одиночного цилиндрического сердечника. Для существенного повышения количества силовых линий поля, проходящих по сердечнику ФА, ему выгодно придать форму, близкую к форме гиперболоида. Так как из торцовых частей ферритового стержня при этом как бы удалены два конуса, общий вес материала подобного сердечника значительно уменьшится по сравнению с весом цилиндра, имеющего диаметр d, равный a, а длину, равную l гиперболоидного сердечника (рис. 56, *б*). Влияние изъятых масс на создание магнитного потока через центральную часть магнитопровода ФА незначительно, а потери в нем уменьшаются, поэтому даже при недостаточно выраженной гиперболоидной форме сердечника (когда $b/a=1,4$)

магнитный поток примерно в 1,8 раза больше, чем в цилиндрическом сердечнике соответствующих размеров. Так как параметры ФА определяются внутренним магитным потоком, а не внешним полем, при таком соотношении величин b/a величины Q, L и $h_{д.эфф}$ остаются прежними или даже возрастают.

Уменьшение потерь происходит еще и потому, что антенная катушка наматывается в зоне с малым диаметром; длина провода и сопротивление катушки при этом невелики. Более интенсивно растут параметры Q, L и $h_{д.эфф}$ сравнительно с ростом параметров цилиндрического стержня в случае, когда $b/a>2$. Так как в распоряжении радиолюбителя нет стержней подобной конфигурации, можно наметить два пути их создания: формовку в гипсовой форме из порошка и крошки ферритов, смешанных с полистироловым клеем ПС, и склеивание составного сердечника из имеющихся элементов различной длины и формы. На рис. 56, *б* показано сечение сердечника при малой величине отношения b/a, а на рис. 56, *в* — вид сердечника, склеенного из пяти типовых плоских сердечников для отношения $b/a=3$. Сердечник на рис. 56, *в* составлен из двух расположенных на расстоянии 5—10 *мм* параллельно друг другу сердечников. Он содержит 10 деталей. Напряжение, снимаемое с подобных ФА, в 6—8 и более раз превышает напряжение, снимаемое с одного сердечника относительно небольших размеров.

Дальнейшее увеличение э. д. с. ФА возможно при использовании разделения антенны на параллельные и последовательные ветви, индуктивности которых суммируются по известным законам. Последовательное соединение двух стержней (отдельных ФА) уменьшает индуктивность сложной ФА в $\sqrt{2}$ раз, а трех — в $\sqrt{3}$ раз. Это позволяет увеличить число витков соответственно в $\sqrt{2}$ и $\sqrt{3}$ раз. Параллельное соединение отдельных ФА уменьшает индуктивность сложной (составной) ФА двое, причем число витков может быть также увеличено в $\sqrt{2}$ раз. Взаимная связь сердечников ощущается до расстояний в 3—5 *см* между ними. Каждая антенна монтируется в брусок пенопласта и в случае необходимости экранируется для исключения прямого антенного эффекта, как обычно; соединения также экранируются. Расстояния между отдельными элементами сложной антенны равны десяткам сантиметров. Вся антенна для приема с одного направления (в небольшом секторе) может быть размещена в проеме окна и укреплена, например, на внутренней стороне занавеса из плотной материи.

Миниатюризация простых дипольных антенн (ДА) часто представляет сложную задачу. Возьмем для примера универсальную ДА для частот от 3,5 до 30 *Мгц* длиной $l=27$ *м* и сопротивлением от 240 до 300 *ом* (см. рис. 47). Обрезая концы ее лучей, можно укоротить антенну до размеров 8—10 *м* для работы в диапазонах волн короче 25 *м*, однако дальнейшее прямое укорочение затруднено. На рис. 57 даны зависимости добротности Q ДА от γ — величины отношения $l/l_к$ (где $l_к$ — длина после укорочения) при трех способах укорочения.

Как следует из графиков на рис. 57, укорочение с помощью удлиняющих катушек наиболее эффективно, однако при значительных укорочениях (а нам надо довести $l_к$ до 2,5—3 *м*) добротность антенны резко растет, что приводит к сужению полосы пропускания ДА. Чем короче рабочая волна (чем короче сам вибратор), тем сильнее будет сказываться его укорочение на увеличение добротности Q

и на нестабильность усиления по диапазону, а также на величину искажений. Поэтому более эффективными укороченными ДА являются ДА с дисками на концах или с дисками и катушками индуктивности у основания проводов вибратора. Однако значительное снижение добротности приводит к падению э. д. с. ДА. Стремиться к максимальному укорочению ДА нужно только при жестком ограничении максимально возможных размеров ДА.

При определении полосы пропускания ДА в диапазоне УКВ ($\Delta f = f_{ср}/Q$, где $f_{ср}$ — средняя частота канала УКВ) нужно обязательно учитывать зависимость Q от $l/l_к$ (рис. 57). Миниатюрные ДА

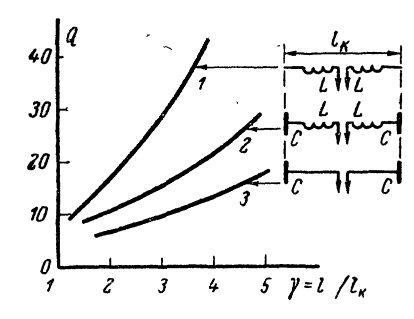


Рис 57. Зависимость добротности укороченной ДА от способа и степени укорочения:

1 — с удлиняющими катушками; *2*—с катушками и дисками на концах; *3*—с дисками на концах.

Рис. 58. Сверхминиатюрная антенна в виде согнутого диполя.

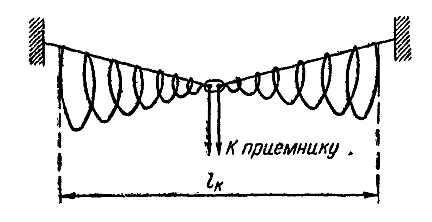


Рис. 59. Дипольная антенна со спиральными лучами.

строятся иногда на основе согнутого диполя. На рис. 58 приведена схема укороченной ДА с размерами 0,125λ. Ее недостатком является необходимость подстройки с помощью шлейфа.

Антенна монтируется на брусках или рейках из непроводящего материала; в средней части проводника, расположенного против шлейфа, включается изолятор. Особенностью подобной антенны является также то, что направления максимума принимаемого сигнала находятся в двух перпендикулярных плоскостях, как показано на рис. 58. Эта особенность укороченного согнутого диполя ухудшает его работу в условиях помех, так как в ряде случаев отстроиться от последних ориентацией в азимутальной плоскости становится труднее.

Значительно лучшие результаты могут дать укороченные ДА, имеющие вид спирали с расходящимися по диаметру витками. Так как крайние витки спирали (рис. 59) имеют большой диаметр, они одновременно играют роль дисков-насадок, а витки с небольшими диаметрами у основания вибратора — роль удлиняющих катушек. Выполненная подобным способом спиральная ДА может иметь длину $l_к = 3$ *м* при геометрической длине провода $l = 10 \div 12$ *м*, поэтому данную ДА можно устанавливать в глубине балконов городских квартир.

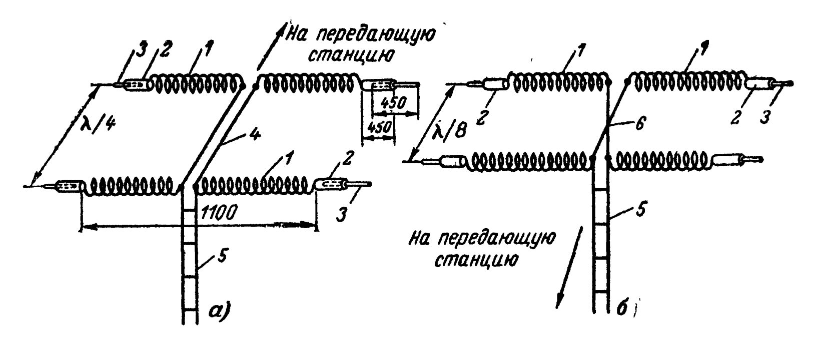


Рис. 60. Схемы спиральных малогабаритных антенн:

1 — спираль из 77 витков провода; *2* — металлическая трубка; *3* — металлический стержень; *4* — двухпроводная соединительная линия; *5* — двухпроводный фидер; *6* — четырехпроводная линия (центры проводов пар расположены по углам квадрата со стороной 9 *мм*).

Наиболее эффективны в отношении ослабления помех ДА с рефлектором, который повышает их направленность. Однако разместить такие антенны в условиях городских квартир трудно. Только в отдельных случаях, когда ДА установлена на балконе или в лоджии больших размеров, за ней на расстоянии λ/4 можно разместить провод рефлектора или небольшое отражающее полотно из нескольких параллельных диполю проводников. В тех случаях, когда такая сложная вынесенная антенна оказывается направленной на район передающей станции самим расположением здания из железобетона, радиолюбители могут провести ряд экспериментов по использованию в качестве рефлектора металлической сетки — арматуры железобетонных панелей стен здания, находящихся в глубине балкона или лоджии, а также по использованию эффекта затенения полей помех самим зданием.

Заметим, что использовать рефлектор со спиральными ДА, имеющими расходящиеся витки (рис. 59), нельзя, так как у них расстояние между витками лучей антенны (вибратора) и рефлектором непостоянно. Поэтому определенный интерес вызывают миниатюрные двухвибраторные спиральные антенны, которые можно использовать в городских квартирах или (при наличии благоприятных условий) устанавливать на балконах современных зданий. Спиральная антенна (рис. 60) для диапазона 20 *м* представляет собой два вибратора, состоящих из непроводящей трубки (не показана) диаметром 30 *мм* и длиной 1 100 *мм* (можно деревянного бруска), на которые с шагом

7,5 *мм* намотаны две спирали по 77 витков (рис. 60, *а*) из провода диаметром 3 *мм*. На концах трубок находятся деревянные пробки с металлическими трубками длиной 450 *мм*, в которые для настройки антенны могут вдвигаться стержни примерно такой же длины. Соединительная линия из провода диаметром 3 *мм* крепится к рейке длиной 5 200 *мм*, поддерживающей трубки с вибраторами. Расстояние между центрами проводов линии 6 *мм*.

Антенна на рис. 60, *б* из аналогичных элементов на диапазон 20 *м* имеет меньшее расстояние между вибраторами (2 600 *мм*) и двухпроводную соединительную линию из двух пар проводников.

Обе антенны на рис. 60 соединяются с приемником двухпроводной симметричной линией с волновым сопротивлением 500 *ом*. Настройка антенн в резонанс производится с помощью вспомогательного генератора по минимуму тока его выходных ламп. Каждый из вибраторов настраивается отдельно, затем к фидеру присоединяются оба вибратора. Антенна подстраивается так, чтобы мощность, отдаваемая ближнему и дальнему вибраторам, была одинаковой. Если дальний вибратор потребляет бóльшую мощность, нежели ближний, волновое сопротивление соединительной линии мало и расстояние между ее проводами нужно увеличить. Видоизменив конструкцию и удлинив вибраторы, можно понизить величину добротности Q.

Обе антенны достаточно эффективны. Уровень принимаемого ими сигнала соизмерим с уровнем сигнала от обычного полуволнового ($l=10$ *м*) вибратора, а в некоторых направлениях превосходит его примерно в 2 раза.

5. Использование УНЧ для ослабления влияния помех. Замечания о конструкции приемников

Современные приемники обладают широкополосными трактами НЧ, обеспечивают высокое качество звучания. Рассмотрим два случая. В первом случае широкополосный тракт НЧ будет иметь один общий канал с несколькими динамиками на выходе. Даже если его частотная характеристика *I—II* с помощью регулятора типа тонконтроля может изменяться в широких пределах (как показано на рис. 61), появление помехи в составе частот спектра НЧ сигнала будет нежелательным. В самом деле, для уменьшения помехи на частоте $F_п$ с помощью регулятора высоких частот необходимо снизить усиление УНЧ на этой частоте. В этом случае процесс воспроизведения звука подобным усилителем будет сопровождаться сильными искажениями. Высокие частоты будут срезаны.

Рассмотрим теперь второй случай: УНЧ некоторого приемного устройства имеет три канала (НЧ, СЧ и ВЧ), каждый из которых имеет собственные регулировки уровней низких и высоких частот и работает на отдельные динамики. При наличии помехи на определенном участке спектра НЧ с помощью упомянутых регуляторов уровня, а лучше, регуляторов разделения частот каналов можно будет создать положение, при котором помеха будет усиливаться в значительно меньшей степени, например, усилителями СЧ и ВЧ. Так как полоса пропускания у этих усилителей может регулироваться, помеху можно сместить на границы верхних или нижних частот соответствующих частотных характеристик отдельных усилителей. Легко видеть, что усилитель СЧ не воспроизведет при этом только часть частот своего спектра, то же произойдет и в усилителе ВЧ, однако

все три усилителя будут вместе воспроизводить почти весь спектр сигнала (не пострадает и важная высокочастотная часть сигнала), а напряжение помехи почти не будет воспроизводиться усилителем.

Желательно, чтобы специально предназначенный для работы в условиях помех радиолюбительский приемник имел блочную конструкцию (например, как на рис. 62). Для повышения качества звучания динамики следует разместить в двух колонках достаточно больших размеров из древесно-стружечных плит, досок. Силовой трансформатор и выпрямитель с фильтром можно при этом разме-

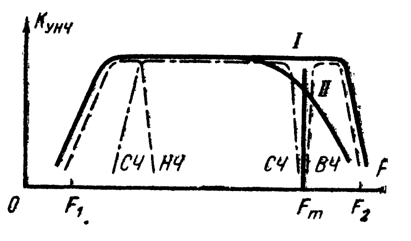


Рис. 61. Частотные характеристики УНЧ двух типов: одноканального и трехканального:

I—II — характеристика одноканального усилителя соответственно до и после ослабления высших частот.

стить в нижней части одной из колонок, удалив их от приемной части.

Желательно иметь УНЧ, состоящий из нескольких каналов; его можно разместить также в нижней части одной из колонок. Собственно приемник рекомендуется выделить в отдельный блок и разместить в достаточно просторном (что уменьшит нагрев деталей и повысит стабильность работы гетеродинов и смесителей частоты) металлическом или в деревянном корпусе с внутренним металлическим экраном, с тем чтобы отдельные ВЧ узлы различных диапазонов и их

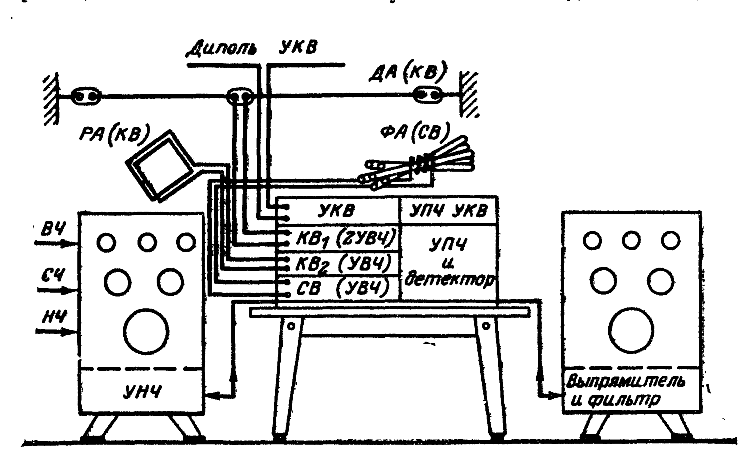


Рис. 62. Примерная схема расположения и связи узлов и элементов блочного приемника и антенн отдельных диапазонов.

гониометры, аттенюаторы и т. д. размещались в корпусе, как в этажерке. При этом каждый ВЧ узел отдельного диапазона должен иметь свое шасси и свою переднюю панель со всеми ручками настройки и регулировки, например, от гониометра, аттенюатора, регулятора усиления УВЧ и т. д., вплоть до небольшой шкалы настройки. При этом весь приемник разделяется на отдельные относительно простые узлы; упрощаются выполнение механических работ, экранировка и монтаж этих узлов, хотя их количество и достаточно велико.

При блочном методе выполнения схемы, несмотря на его кажущуюся сложность, можно получить ряд преимуществ, основное из которых — возможность ввода в строй схемы по частям, не дожидаясь готовности всех блоков разных диапазонов. Так, например, введя в действие УНЧ и смонтировав несложную работающую с ферритовой антенной (одноламповую приставку прямого усиления с низкой чувствительностью к помехам и достаточно широкой полосой пропускания), можно обеспечить хорошее качество воспроизведения программ местного вещания в условиях помех.

Смонтировав УКВ узел, можно осуществить высококачественный прием ЧМ программ, практически не подвергающийся интенсивному влиянию помех. Настроив УПЧ и один из ВЧ узлов, можно принимать программы в следующем диапазоне и т. д. В качестве отдельных ВЧ узлов радиолюбители могут использовать узлы схем, уже имеющихся в их распоряжении. Применение двух колонок с динамиками и многоканального УНЧ облегчит в дальнейшем переход к воспроизведению стереопрограмм.

Заключение

Борьба с помехами имеет важное значение, тем более что число их источников продолжает расти. Массовые радиовещательные приемники фабричного изготовления, получающие сигнал от всеволновой антенны в виде протяженного луча с удлиненным неэкранированным снижением, не могут полностью реализовать свою чувствительность и не обеспечивают высококачественного приема в условиях сильных помех.

Особенности влияния помех на процесс приема радиовещательных станций требуют принятия комплекса мер с учетом целого ряда конкретных условий приема, расположения и типа основных источников помех. Борьба с помехами более успешна при одновременном улучшении параметров приемника и антенны. Антенна должна быть по возможности более направленной и узкополосной, ее необходимо выносить из зоны действия полей местных помех, снабжать защищенным снижением. В ряде случаев очень важно применять антенну, которая обеспечивает минимальное напряжение помех даже при уменьшении величины полезного сигнала.

Радиоприемник в свою очередь должен быть более избирательным и иметь возможность глубокой регулировки чувствительности, а также регулировки усиления отдельных узлов с целью исключения перегрузок, вызываемых наличием помех.

Лучшие результаты в борьбе с влиянием интенсивных помех могут быть получены, когда для работы в каждом частотном диапазоне и приемник и его антенна с целью ослабления помех будут иметь оптимальные параметры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Пчелкин В. Ф. Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств. М., «Знание», 1971, с. 64.

Князев А. Д. и **Пчелкин В. Ф.** Проблемы обеспечения совместной работы радиоэлектронной аппаратуры. М., «Советское радио», 1971, с. 200.

Соболевский А. Г. Вы хотите сконструировать приемник. М., «Связь», 1971, с. 213.

Скрипников Ю. Ф. Колебательный контур. М., «Энергия», 1970, с. 128.

Алексеев Ю. П. Блоки УКВ на лампах и транзисторах. М., «Энергия», 1972, с. 72.

Хомич В. И. Приемные ферритовые антенны. М.—Л., «Госэнергоиздат», 1963, с. 64.

Харченко К. П. УКВ антенны. М., «ДОСААФ», 1969, с. 110.

Капчинский Л. М. Телевизионные антенны. М., «Энергия», 1970, с. 112.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Цена 26 коп.